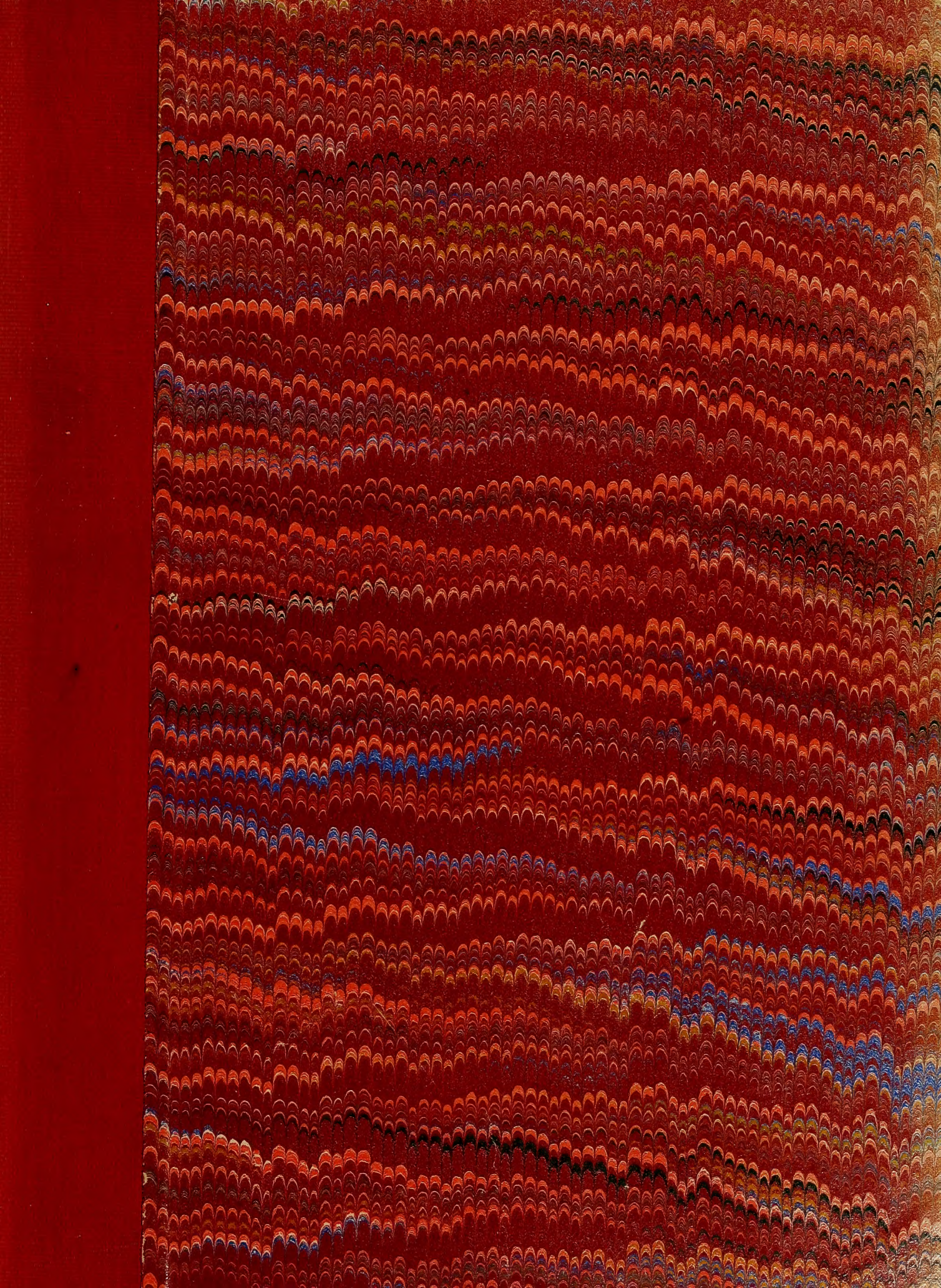
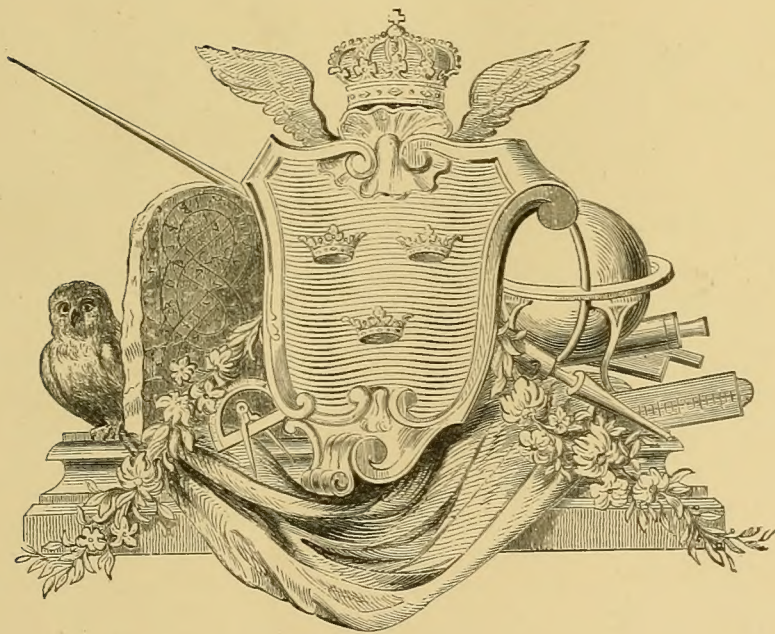




NOVA ACTA
REGIAE SOCIETATIS
SCIENTIARUM
UPSALIENSIS.



SERIEI QUARTAE VOL. III.

UPSALIAE,
EXCUDIT ED. BERLING REG. ACAD. TYPOGRAPHUS.
1913—1914.

INDEX ACTORUM.

N.		Pag.	Tab.
1.	DUNÉR, N. C.: Bicentenaire de la Société Royale des Sciences d'Upsala le 19 Novembre 1910. 1911	1—62.	1.
2.	HULTKRANTZ, J. V.: Additional note to the mortal remains of Emanuel Swedenborg. 1912	1—7.	
3.	KYLIN, H.: Studien über die schwedischen Arten der Gattungen Batrachospermum Roth und Sirodotia nov. gen. 1912 . . .	1—40.	
4.	ODÉN, S.: Der kolloide Schwefel. 1913 . .	1—193.	
5.	FALK, M.: Ueber eine symmetrische Darstellung einiger in der Theorie der elliptischen Funktionen vorkommenden Wurzelgrößen	1—38.	
6.	LINDHOLM, F.: Extinction des radiations solaires dans l'atmosphère terrestre . . .	1—98.	1—2.
7.	MAURICE, H.: L'expédition franco-suédoise de sondages aériens à Kiruna. 1907, 1908 et 1909	1—77.	1—9.
8.	WIMAN, C.: Über die Karbonbrachiopoden Spitzbergens und Beeren Eilands . . .	1—92.	1—19.

36412

INTRODUCTIO.

Proximo triennio, quod post Nova Acta Societatis Scientiarum Upsaliensis (Ser. IV. Vol. III) anno 1914 edita praeteriit,

hi Socii mortui sunt.

Honorarii:

	Adscriptus.	Mortuus.
DUNÉR, Nicolaus Christophorus, Ph. Dr, Astronomiae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator et Caroli XIII Ord. adscriptus, etc. <i>R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1900—01, R. Soc. Sc. Ups. Secretarius 1901—13</i>	1888.	1914.
SAHLIN, Carolus Yngve, Ph. et Iur. utr. Dr, Philosophiae praec- ticae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc., <i>R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1889—90</i> . . .	1886.	1917.

Ordinarij Svecani:

WITTROCK, Veit Brecher, Ph. Dr, Professor et Horti Botanici Holmiensis Praefectus. Ord. St. Pol. Commendator, etc. . . .	1877.	1914.
LUNDQUIST, Carolus Gustavus, Ph. Dr, Mechanices Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator, <i>R. Soc. Sc. Ups. Quaestor 1883—1916</i>	1876.	1917.
MÖRNER, Carolus Axelius Hampus, Comes, Med. Dr, Chemiae medicinalis et pharmaceuticae Professor Holmiensis, Instituti Reg. Carol. Medico-chirurgici Holmiensis Rector, Ord. St. Pol. Commendator, etc.	1908.	1917.

Ordinarii Exteri:

	Adscriptus.	Mortuus.
GÜNTHER, Albertus, ad Museum Britannicum Zoologiae a. h.		
Praefectus	1873.	1914.
LANG, Arnoldus, Zoologiae Professor Turicensis	1901.	1914.
LIEBERMANN, Carolus, Chemiae Professor Berolinensis	1894.	1914.
AUWERS, Arthurus de, Astronomiae Professor Berolinensis emeritus	1905.	1915.
HOLM, Eduardus, Historiarum Professor Hauniensis	1896.	1915.
MURRAY, James Augustus Henry, Lexicographus Britannus	1914.	1915.
EHRlich, Paulus, Instituti Therapiae experimentalis Regii Francofurtensis Director	1911.	1915.
NEF, Ioannes Udalricus, Chemiae Professor Chicagensis	1903.	1915.
BOUCHARD, Carolus Iacobus, Pathologiae Professor Parisiensis	1894.	1916.
NIELSEN, Yngvar, Ethnographiae Professor Christianiensis, St. Pol. Ord. adscriptus	1904.	1916.
SCHWALBE, Gustavus Albertus, Anatomiae Professor Argentoratensis, Ord. St. Pol. Commendator	1905.	1916.
BACKLUND, Ioannes Oscar, Imp. Observatorii Astronomici Pulkovens Director, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator	1888.	1916.
HORSLEY, Dominus Victor Alexander Haden, ad Nosocomium Collegii Universitatis Londinensis Medicus	1912.	1916.
MOHN, Henricus, Meteorologiae Professor Christianiensis emeritus, St. Pol. Ord. adscriptus	1879.	1916.
TORP, Alf, Linguae Sanscriticae et Grammaticae comparativae Professor Christianiensis	1916.	1916.
WIESNER, Iulius de, Botanices Professor Vindobonensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator	1886.	1916.
LESKIEN, Augustus, Linguarum Slavicarum Professor Lipsiensis	1914.	1916.
DARBOUX, Ioannes Gaston, Mathesis Professor, Secretarius Academiae Scientiarum Parisiensis, Ord. St. Pol. Commendator	1900.	1917.
DIETRICHSON, Laurentius Henricus Segelcke, Historiae Artium elegant. Professor Christianiensis, St. Pol. Ord. adscriptus	1895.	1917.
JUNGERSEN, Hector, Zoologiae Professor Hauniensis	1915.	1917.
LEBER, Theodorus, a. h. Professor Heidelbergensis	1916.	1917.
KOCHER, Theodorus, Chirurgiae Professor Bernensis	1894.	1917.
FROBENIUS, Georgius, Mathesis Professor Berolinensis	1902.	1917.
BAEYER, Adolphus de, Chemiae a. h. Professor Monacensis	1879.	1917.
CHRISTIANSEN, Christianus, Physices a. h. Professor Hauniensis	1899.	1917.

Hi Novi Socii adscripti sunt.

Honorarii:

	Adscriptus.
SÖDERBLOM, Laurentius Olavus Ionathan, Th. Dr, Ph. Cand., Archiepiscopus, Universitatis Reg. Upsaliensis Procancellarius, Ord. St. Pol. Commendator, etc.	1915.
HILDEBRANDSSON, Hugo Hildebrand, Ph. Dr. Meteorologiae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. et Was. Commendator, etc., <i>R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1890—91</i>	1916.
HAMMARSTEN, Olavus, Ph. et Med. Dr. Chemiae medicinalis et physiologicae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, <i>R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1893—94</i>	1916.
ANNERSTEDT, Claudius, Ph. et Th. Dr. ad Reg. Univ. Upsaliensem Bibliothecarius emeritus, Academiae Svecanae Octodecimvir, Regg. Ordd. a. h. Historiographus, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc., <i>R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1895—96</i>	1916.

Ordinarii Svecani:

SERNANDER, Ioannes Rutger, Ph. Dr, Biologiae plantarum Professor Upsaliensis	1914.
HAMBERG, Axelius, Ph. Dr, Geographiae Professor Upsaliensis. St. Pol. Ord. adscriptus	1916.
ÖHRVALL, Hjalmarus Augustus, Med. Dr, Physiologiae Professor Upsaliensis emeritus	1916.
STAVENOW, Ludovicus Vilhelmus Albertus. Ph. Dr. Historiarum Professor Upsaliensis, Ord. St. Pol. Commendator	1916.
ZEIPEL, Eduardus Hugo de. Observator Astronomicus Upsaliensis . . .	1917.
FORSSMAN, Magnus Joannes Carolus Gustavus, Pathologiae generalis, Bacteriologiae, Hygienicae generalis Professor Lundensis	1917.

Ordinarii Exteri:

WILAMOWITZ-MOELLENDORFF, Udalricus de. Philologiae classicae Professor Berolinensis	1914.
LESKIEN, Augustus, Linguarum Slavicarum Professor Lipsiensis . . .	1914.
MURRAY, James Augustus Henry, Lexicographus Britannus	1914.
SPENGEL, Ioannes Vilhelmus, Zoologiae Professor Gissensis	1914.
CARREL, Alexis, ad Institutum Rockefellerianum Novo-Eboracense Praefectus	1914.

	Adscriptus.
WILLE, Nordan, Botanices Professor Christianiensis	1915.
KAPTEYN, Iacobus Cornelius, Astronomiae et Mechanices Professor Groningensis	1915.
JUNGERSEN, Hector, Zoologiae Professor Hauniensis	1915.
WEBER, Max, Zoologiae et Anatomiae comparativae Professor Amsteloda- mensis	1915.
ROBERT, Carolus, Archaeologiae classicae Professor Halensis	1915.
WACKERNAGEL, Iacobus, Grammaticae comparativae Professor Basile- ensis	1915.
LEVENE, Phoebus Aaron, ad Institutum Rockefellerianum Novo-Ebora- cense Praefectus	1915.
WILLSTÄTTER, Richardus, Chemiae Professor Monacensis	1916.
SÖRENSEN, Sören Peter, ad Laboratorium Carlsbergianum Hauniense Praefectus	1916.
LEBER, Theodorus a. h. Professor Heidelbergensis	1916.
TORP, Alf, Linguae Sanscriticae et Grammaticae comparativae Professor Christianiensis	1916.
HERTWIG, Oscar, Anatomiae comparativae Professor Berolinensis	1916.
NANSEN, Fridtjof, Oceanographiae Professor Christianiensis	1916.
HELLMANN, Gustavus, Meteorologiae Professor Berolinensis	1916.
BIER, Augustus, Chirurgiae Professor Berolinensis	1916.
ERSLEV, Christianus, Archivarius Regni Danici	1916.
DIELS, Hermannus, Philologiae classicae Professor Berolinensis	1917.
NAVAŠIN, Sergej, Botanices Professor Kievensis	1917.
VOLTERRA, Vito, Physices mathematicae Professor Romanus	1917.
HESS, Carolus de, Ophthalmiatrices Professor Monacensis	1917.
MÜLLER, Sophus, Musei publici Hauniensis Director	1917.
HJELT, Edvardus Immanuel, Vice cancellarius universitatis Helsingforsi- ensis	1917.
EISELSBERG, Antonius de, Chirurgiae Professor Vindobonensis	1917.
SEDERHOLM, Iacobus Ioannes, Collegii geologici Fennici Praefectus . .	1917.
GROBBEN, Carolus, Zoologiae Professor Vindobonensis	1917.

AUGUSTISSIMUS HUIUS SOCIETATIS
PATRONUS
AC
PRAESES ILLUSTRIS
GUSTAVUS V
SVECORUM GOTHORUM VANDALORUMQUE
REX.

SOCII HONORarii PRIMarii
SERENISSIMUS PRINCEPS AC DOMINUS
OSCAR CAROLUS AUGUSTUS BERNADOTTE.

SERENISSIMUS PRINCEPS AC DOMINUS

OSCAR CAROLUS VILELMUS

SVECIAE PRINCEPS HEREDITARIUS.

SERENISSIMUS PRINCEPS AC DOMINUS

EUGENIUS NAPOLEO NICOLAUS

SVECIAE PRINCEPS HEREDITARIUS.

SERENISSIMUS PRINCEPS AC DOMINUS

OSCAR FRIDERICUS VILELMUS OLAVUS GUSTAVUS ADOLPHUS

SVECIAE PRINCEPS SUCCESSOR.

Socii Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis
secundum electionis ordinem

Honorarii:

- EHRENHEIM, Petrus Iacobus de, Iur. utr. Dr, a. h. Consiliarius Regis, Universitatum Regni Suecani a. h. Cancellarius, Academiae Svecanae Octodecimvir, Regg. Ordd. Eques et Commendator, etc.
- HAMMARSKJÖLD, Canutus Hjalmarus Leonardus, Iur. utr. Dr, Praefecturae Upsaliensis Gubernator, Regg. Ordd. Eques et Commendator etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1910—11.*
- WACHTMEISTER, Axelius Fridericus Claudii F., Comes, Ph. Dr, Rerum externarum a. h. Minister supremus, Universitatum Regni Suecani a. h. Cancellarius, Regg. Ordd. Eques et Commendator.
- SÖDERBLOM, Laurentius Olavus Ionathan, Th. et Ph. Dr., Archiepiscopus, Universitatis Reg. Upsaliensis Procancellarius, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- HILDEBRANDSSON, Hugo Hildebrand, Ph. Dr, Meteorologiae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. et Was. Commendator, etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1890—91.*
- HAMMARSTEN, Olavus, Ph. et Med. Dr, Chemiae medicinalis et physiologicae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1893—94.*
- ANNERSTEDT, Claudius, Ph. et Th. Dr, ad Reg. Univ. Upsaliensem Bibliothecarius emeritus, Academiae Svecanae Octodecimvir, Regg. Ordd. a. h. Historiographus, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1895—96.*

Ordinarii Svecani:

- TEGNÉR, Esaias Henricus Vilelmus, Ph. Dr, Linguarum Orientalium Professor Lundensis emeritus, Academiae Svecanae Octodecimvir, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1891—92.*
- FALK, Mathias, Ph. Dr, Mathesis Professor Upsaliensis emeritus, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1894—95.*

- RETZIUS, Magnus Gustavus, Ph. et Med. Dr, Histologiae a. h. Professor Holmiensis, Academiae Svecanae Octodecimvir, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- NYRÉN, Magnus, Ph. Dr, ad Observatorium Pulkovense a. h. Astronomus, St. Pol. Ord. adscriptus, etc.
- TULLBERG, Tycho, Ph. et Med. Dr, Zoologiae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1899—1900.*
- MITTAG-LEFFLER, Gustavus, Ph. Dr, Mathesis Professor Holmiensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- THÉEL, Ioannes Hjalmarus, Ph. Dr, Professor et Musei Zoologici Holmiensis a. h. Praefectus, Ord. St. Pol. Commendator.
- HASSELBERG, Claudius Bernhardus, Ph. Dr, Physices Professor Holmiensis, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- WIDMAN, Oscar, Ph. Dr, Chemiae Professor Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1897—98, R. Soc. Sc. Ups. Quaestor.*
- SJÖGREN, Andreas Hjalmarus, Ph. Dr, Professor et Musei Mineralogici Holmiensis Praefectus, Ord. St. Pol. et Was. Commendator, etc.
- HENSCHEN, Salomon Eberhardus, Med. Dr, Medicinae Professor Holmiensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- DANIELSSON, Olavus Augustus, Ph. Dr, Linguae Litterarumque Graecarum Professor Upsaliensis, emeritus Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1905—06.*
- BÄCKLUND, Albertus Victor, Ph. Dr, Physices Professor Lundensis emeritus. Ord. St. Pol. Commendator.
- HÖGBOM, Arvidus Gustavus, Ph. Dr, Mineralogiae et Geologiae Professor Upsaliensis, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1903—04.*
- LINROTH, Claudius Mauritius, Med. Dr, Collegii Med. a. h. Praeses, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, Ord. Was. Commendator.
- ARRHENIUS, Svante Augustus, Ph. Dr, Physices Professor Holmiensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- HJÄRNE, Haraldus, Ph. et Th. Dr, Historiarum Professor Upsaliensis emeritus, Academiae Svecanae Octodecimvir, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1908—09.*
- WIRÉN, Axelius, Ph. Dr, Zoologiae Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1907—1908.*
- MONTELIUS, Gustavus Oscar Augustinus, Ph. Dr, a. h. Antiquarius Regni Svecani, Ord. St. Pol. c. m. Cr. Commendator, etc.
- GRANQVIST, Petrus Gustavus David, Ph. Dr, Physices Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1909—10.*
- LÖNNBERG, Axelius Ioannes Einar, Ph. Dr, Professor et Musei Zoologici Holmiensis Praefectus, Ord. St. Pol. Commendator.
- HAMMAR, Ioannes Augustus Haraldus, Med. Dr, Anatomiae Professor Upsaliensis, Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1911—12.*
- WIMAN, Andreas, Ph. Dr, Mathesis Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1912—13.*



- PETTERSSON, Sveno Otto, Ph. Dr, Chemiae a. h. Professor Holmiensis, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- GULLSTRAND, Allvar, Med. et Ph. Dr, Optices physiologicae et physicae Professor, Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1913—14.*
- NOREEN, Adolphus Gotthardus, Ph. Dr, Linguarum Septentrionalium Professor Upsaliensis, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1914—15.*
- SCHÜCK, Ioannes Henricus Aemilius, Ph. et Th. Dr, Aesthetices et Litterarum Artiumque elegantium Historiae Professor Upsaliensis, Reg. Universitatis Ups. Rector Magnificus, Academiae Suecanae Octodecimvir, Ord. St. Pol. Commendator, etc., *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1915—16.*
- KLASON, Ioannes Petrus, Ph. Dr, Chemiae Professor Holmiensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator.
- JUEL, Ioannes Oscar, Ph. Dr, Botanices Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. h. t. Praeses.*
- FREDHOLM, Ericus Ivarus, Ph. Dr, Physices mathematicae Professor Holmiensis, Ordd. St. Pol. et Was. adscriptus.
- NATHORST, Alfredus Gabriel, Ph. Dr, Professor et Musei Palaeobotanici Holmiensis Praefectus, Ord. St. Pol. Commendator, etc.
- PERSSON, Petrus, Ph. Dr, Linguae Litterarumque Latinarum Professor Upsaliensis, Ord. St. Pol. Commendator, *R. Soc. Sc. Ups. Praeses 1916—17.*
- LECHE, Vilelmus, Zoologiae Professor Holmiensis.
- MÖRNER, Carolus Thore, Comes, Med. Dr, Chemiae medicinalis et physiologicae Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- BOËTHIUS, Simon Ioannes, Ph. Dr, Eloquentiae et Politices Professor Skytteanus Upsaliensis emeritus, Ord. St. Pol. Commendator.
- HEDIN, Sveno Gustavus, Ph. et Med. Dr, Chemiae medicinalis et physiologicae Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus, *R. Soc. Sc. Ups. Secretarius.*
- OSEEN, Carolus Vilelmus, Ph. Dr, Mechanices et Physices mathematicae Professor Upsaliensis.
- HOLMGREN, Ericus Albertus, Ph. Dr, Mathesis Professor Upsaliensis.
- MURBECK, Svante Samuel, Ph. Dr, Botanices Professor Lundensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- EKEHORN, Ioannes Gustavus, Med. Dr. Phil. Cand., Chirurgiae Professor Holmiensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- HILDEBRAND, Henricus Robertus Theodorus Aemilius, Phil. Dr, a. h. Archivarius regni Svecani, Ord. St. Pol. Commendator.
- BERGSTRAND, Carolus Östen Emanuel, Phil. Dr, Astronomiae Professor Upsaliensis.
- CHARLIER, Carolus Vilelmus Ludovicus, Phil. Dr, Astronomiae Professor Lundensis.
- HULTKRANTZ, Ioannes Vilelmus, Med. Dr, Anatomiae Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- SERNANDER, Ioannes Rutger, Ph. Dr, Biologiae plantarum Professor Upsaliensis.
- HAMBERG, Axelius, Ph. Dr, Geographiae Professor Upsaliensis, St. Pol. Ord. adscriptus.

- ÖHRVALL, Hjalmarus Augustus, Med. Dr, Physiologiae Professor Upsaliensis emeritus.
- STAVENOW, Ludovicus Vilelmus Albertus, Ph. Dr, Historiarum Professor Upsaliensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- ZEIPEL, Eduardus Hugo de, Observator Astronomicus Upsaliensis.
- FORSSMAN, Magnus Joannes Carolus Gustavus, Pathologiae generalis. Bacteriologiae, Hygienicae generalis Professor Lundensis.

Ordinarii Exteri:

- SARS, Georgius Ossian, Zoologiae Professor Christianiensis.
- QUINCKE, Georgius, Physices Professor Heidelbergensis.
- HANN, Iulius de, Meteorologiae Professor Vindobonensis emeritus.
- WIMMER, Ludovicus Franciscus Adalbertus, Linguarum Septentrionalium Professor Hauniensis.
- AMIRA, Carolus de, Iuris Professor Monacensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- SCHWENDENER, Simon, Botanices Professor Berolinensis emeritus.
- BRÖGGER, Valdemar Christophorus, Geologiae et Mineralogiae Professor Christianiensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- GROTH, Paulus de, Mineralogiae Professor Monacensis.
- ENGLER, Adolphus, Botanices Professor Berolinensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- THOMSEN, Vilelmus Ludovicus Petrus, Grammaticae linguarum Indo-Europaearum comparatae Professor Hauniensis.
- RAYLEIGH, Ioannes Vilelmus de, Lib. Baro, ad Institutum Regium Britannicum Physices Professor.
- PICKERING, Eduardus Carolus, Astronomiae Professor Harvardensis.
- FISCHER, Aemilius, Chemiae Professor Berolinensis.
- PFEFFER, Vilelmus, Botanices Professor Lipsiensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- SCHWARZ, Hermannus Amandus, Mathesis Professor Berolinensis.
- ROUX, Petrus Paulus Aemilius, Instituti 'Pasteur' Parisiensis Vice-Director, Ord. St. Pol. Commendator.
- WARMING, Eugenius, Botanices Professor Hauniensis emeritus.
- CROOKES, Dom. Vilelmus, Chemicus Britannus.
- PICARD, Aemilius, Mathesis Professor Parisiensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- RUNEBERG, Ioannes Vilelmus, Medicinae a. h. Professor Helsingforsiensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- SCHULZE, Franciscus Eilhard, Zoologiae Professor Berolinensis.
- VRIES, Hugo de, Botanices Professor Amstelodamensis.
- BRUGMANN, Carolus, Grammaticae Indogermanicae Professor Lipsiensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- GOWERS, Dom. Vilelmus, Nosocomii Publici Londinensis Praefectus.
- SIEVERS, Eduardus, Philologiae Germanicae Professor Lipsiensis.
- KLEIN, Felix, Mathesis Professor Gottingensis.

- TIGERSTEDT, Robertus Adolphus Armandus, Physiologiae Professor Helsingforsiensis.
- KOSSEL, Albertus, Physiologiae Professor Heidelbergensis.
- THOMSON, Iosephus Ioannes, Physices Professor Cantabrigiensis.
- PAVLOW, Ivan Petrovič, Physiologiae Professor Petropolitanus.
- STEENSTRUP, Ioannes, Historiarum Professor Hauniensis, Ord. St. Pol. Commendator.
- LORENTZ, Henricus Antonius, Physices Professor Leidensis.
- WALDEYER, Vilelmus, Anatomiae Professor Berolinensis, Academiae Scientiarum Rég. Borussicae Secretarius.
- SCHAEFER, Theodoricus, Historiarum Professor Berolinensis.
- HILBERT, David, Mathesis Professor Gottingensis.
- PAINLEVÉ, Paulus, Mathesis Professor Parisiensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- TOLDT, Carolus, Anatomiae Professor Vindobonensis.
- SALKOWSKI, Ernestus, Chemiae medicinalis Professor Berolinensis.
- RICHTER, Carolus, Physiologiae Professor Parisiensis.
- FLAHAULT, Carolus, Botanices Professor Montepessulanus, St. Pol. Ord. adscriptus.
- THANE, Georgius Dancer, Anatomiae Professor Londinensis.
- MEYER, Eduardus, Historiae antiquae Professor Berolinensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
- LIPPMAN, Gabriel, Physices Professor Parisiensis.
- PLANCK, Maximilianus, Physices mathematicae Professor Berolinensis.
- PAUL, Hermannus, Linguae litterarumque Germanicarum Professor Monacensis.
- OSTWALD, Vilelmus, Chemiae a. h. Professor Lipsiensis.
- CIAMICIAN, Iacobus, Chemiae Professor Bononiensis.
- HALE, Georgius E., Observatorii Astrophysici in Monte Wilsoniano siti Director.
- LANGLEY, Ioannes Newport, Physiologiae Professor Cantabrigiensis.
- RIGHI, Augustus, Physices Professor Bononiensis.
- HADAMARD, Iacobus, Mathesis Professor Parisiensis.
- RUTHERFORD, Ernestus, Physices Professor Mancuniensis.
- HAUSEN, Reinholdus Theodorus, Archivarius Ducatus Fennici, Ord. St. Pol. Commendator.
- GRIGNARD, Victor, Chemiae Professor Nanceiensis.
- SCHYBERGSON, Magnus Godofredus, Historiarum Professor Helsingforsiensis.
- SEELIGER, Hugo de, Astronomiae Professor Monacensis.
- BRAUN, Ferdinandus, Physices Professor Argentoratensis.
- SIJMONS, Bernhardus, Linguae Litterarumque Germanicarum Professor, Groningensis.
- SCHAEFER, Eduardus Albertus, Physiologiae Professor Edinburgensis.
- MÜLLER, Carolus Hermannus Gustavus, Ad Observatorium astrophysicum Postampiense Observator primarius.
- CAMPBELL, Vilelmus Wallace, Director Observatorii Lickensis.
- KÜKENTHAL, Vilelmus, Zoologiae Professor Vratislavensis.
- STAHL, Ernestus, Botanices Professor Ienensis.
- HARNACK, Carolus Gustavus Adolphus, Bibliothecae Regiae Berolinensis Director, Ord. St. Pol. Commendator.

- HAEBLER, Conradus, Bibliothecae Regiae Berolinensis Director.
 MÜLLER, Fridericus de, Medicinae internae Professor Monacensis.
 SCOTT, Dukinfield Henricus, Regiae Societatis Londinensis Secretarius.
 ZEUTHEN, Hieronymus Georgius, a. h. Mathesis Professor Hauniensis. Ord. St. Pol. Commendator.
 GOEBEL, Carolus de, Botanices Professor Monacensis.
 DESLANDRES, Henricus, Observatorii astrophysici Meudoniensis Director.
 LINDELÖF, Ernestus Leonardus, Mathesis Professor Helsingforsiensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
 NOORDEN, Carolus Harko de, Professor Francofurtensis.
 OSBORN, Henricus Fairfield, Zoologiae Professor Novo-Eboracensis.
 DELAGE, Yves, Zoologiae, Anatomiae comparativae, Physiologiae Professor Parisiensis.
 WILAMOWITZ-MOELLENDORFF, Udalricus de, Philologiae classicae Professor Berolinensis.
 SPENGLER, Ioannes Vilelmus, Zoologiae Professor Gissensis.
 CARREL, Alexis, ad Institutum Rockefellerianum Novo-Eboracense Praefectus.
 WILLE, Nordan, Botanices Professor Christianiensis.
 KAPTEYN, Iacobus Cornelius, Astronomiae et Mechanices Professor Groningensis.
 WEBER, Max, Zoologiae et Anatomiae comparativae Professor Amstelodamensis.
 ROBERT, Carolus, Archaeologiae classicae Professor Halensis, St. Pol. Ord. adscriptus.
 WACKERNAGEL, Iacobus, Grammaticae comparativae Professor Basileensis.
 LEVENE, Phoebus Aaron, ad Institutum Rockefellerianum Novo-Eboracense Praefectus.
 WILLSTÄTTER, Richardus, Chemiae Professor Monacensis.
 SÖRENSEN, Sören Peter, ad Laboratorium Carlsbergianum Hauniense Praefectus.
 HERTWIG, Oscar, Anatomiae comparativae Professor Berolinensis.
 NANSEN, Fridtjof, Oceanographiae Professor Christianiensis.
 HELLMANN, Gustavus, Meteorologiae Professor Berolinensis.
 BIER, Augustus, Chirurgiae Professor Berolinensis.
 ERSLEV, Christianus, Archivarius Regni Danici.
 DIELS, Hermannus, Philologiae classicae Professor Berolinensis, Academiae Scientiarum Reg. Borussicae Secretarius.
 NAVAŠIN, Sergej, Botanices Professor Kievensis.
 VOLTERRA, Vito, Physices mathematicae Professor Romanus.
 HESS, Carolus de, Ophthalmiatrices Professor Monacensis.
 MÜLLER, Sophus, Musei publici Hauniensis Director.
 HJELT, Edvardus Immanuel, Vice cancellarius universitatis Helsingforsiensis.
 EISELSBERG, Antonius de, Chirurgiae Professor Vindobonensis.
 SEDERHOLM, Iacobus Ioannes, Collegii geologici Fennici Praefectus.
 GROBBEN, Carolus, Zoologiae Professor Vindobonensis.
-

OFFICIA REGIAE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS

SECRETARIUS

SVENO GUSTAVUS HEDIN (V. supra)

ELECTUS A. 1913.

QUAESTOR

OSCAR WIDMAN (V. supra)

ELECTUS A. 1916.

BIBLIOTHECARIUS

OTTO VILELMUS C:SON WALDE

PHIL. DOCT., BIBLIOTHECARIUS SECUNDARIUS,
CONSTITUTUS A. 1913.

Socii Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis

secundum disciplinas.

Ordinarii Svecani:

I. In Classe

Physico-Mathematica

FALK, M. 1878.	HÖGBOM, A. G. . . 1898.	OSEEN, C. W. . . . 1910.
NYRÉN, M. 1885.	ARRHENIUS, S. A. . 1899.	HOLMGREN, E. A. . 1910.
MITTAG-LEFFLER, G. 1886.	GRANQVIST, P. G. D. 1902.	BERGSTRAND, C. Ö. E. 1913.
HASSELBERG, K. B. 1890.	WIMAN, A. 1903.	CHARLIER, C. V. L. 1914.
WIDMAN, O. 1890.	PETERSSON, S. O. . 1904.	HAMBERG, A. 1916.
SJÖGREN, H. 1892.	KLASON, P. 1905.	ZEIPEL, H. 1917.
BÄCKLUND, A. W. . 1897.	FREDHOLM, E. I. . . 1906.	

II. In Classe

Medica et Historiae Naturalis

RETZIUS, M. G. . . 1882.	HAMMAR, J. A. H. . 1902.	MURBECK, S. S. . . 1911.
TULLBERG, T. . . . 1885.	GULLSTRAND, A. . . 1904.	EKEHORN, J. G. . . 1913.
THÉEL, J. H. 1889.	JUEL, H. O. 1906.	HULTKRANTZ, J. V. 1914.
HENSCHEN, S. E. . . 1892.	NATHORST, A. G. . . 1907.	SERNANDER, R. . . . 1914.
LINROTH, K. M. . . . 1899.	LECHE, V. 1908.	ÖHRVALL, H. A. . . 1916.
WIRÉN, A. 1901.	MÖRNER, C. TH. . . 1908.	FORSSMAN, J. 1917.
LÖNNBERG, A. J. E. 1902.	HEDIN, S. G. 1909.	

III. In Classe

Historico-Archaeologica.

TEGNÉR, E. H. V. . 1876.	NOREEN, A. G. . . . 1904.	HILDEBRAND, H. R.
DANIELSSON, O. A. 1896.	SCHÜCK, J. H. E. . . 1905.	T. E. 1913.
HJÄRNE, H. G. . . . 1901.	PERSSON, P. 1908.	STAVENOW, L. V. A. 1916.
MONTelius, G. O. A. 1901.	BOËTHIUS, S. J. . . 1909.	

Ordinarii Exteri:

I. In Classe

Physico-Mathematica

QUINCKE, G. 1879.	HILBERT, D. 1903.	MÜLLER, G. 1910.
HANN, J. 1881.	PAINLEVÉ, P. 1903.	CAMPBELL, V. W. . . 1911.
BRÖGGER, V. CH. . . 1889.	LIPPMANN, G. 1906.	ZEUTHEN, H. G. . . 1912.
GROTH, P. 1889.	PLANCK, M. 1906.	DESLANDRES, H. . . 1913.
RAYLEIGH, J. V. . . 1891.	OSTWALD, V. 1907.	LINDELÖF, E. L. . . 1913.
PICKERING, E. C. . . 1892.	CIAMICIAN, J. 1907.	KAPTEYN, J. C. . . 1915.
FISCHER, E. 1892.	HALE, G. E. 1907.	WILLSTÄTTER, R. . . 1916.
SCHWARZ, H. A. . . . 1895.	RIGHI, A. 1908.	SÖRENSEN, S. P. L. 1916.
CROOKES, V. 1897.	HADAMARD, J. . . . 1908.	NANSEN, F. 1916.
PICARD, E. 1898.	RUTHERFORD, E. . . 1808.	HELLMANN, G. . . . 1916.
KLEIN, F. 1901.	GRIGNARD, V. . . . 1909.	VOLTERRA, V. . . . 1917.
THOMSON, J. J. . . . 1901.	SEELIGER, H. 1909.	HJELT, A. 1917.
LORENTZ, H. A. . . . 1902.	BRAUN, F. 1910.	SEDERHOLM, J. J. . 1917.

II. In Classe

Medica et Historiae Naturalis.

SARS, G. O. 1875.	TOLDT, C. 1903.	DELAGE, Y. 1914.
SCHWENDENER, S. . . 1888.	SALKOWSKI, E. . . . 1904.	SPENGEL, J. W. . . 1914.
ENGLER, A. 1889.	RICHT, CH. 1904.	CARREL, A. 1914.
PFEFFER, V. 1894.	FLAHAULT, C. . . . 1905.	WILLE, N. 1915.
ROUX, P. P. E. . . . 1896.	THANE, G. D. . . . 1906.	WEBER, M. 1915.
WARMING, E. 1897.	LANGLEY, J. N. . . . 1908.	LEVENE, P. A. . . . 1915.
RUNEBERG, J. V. . . . 1898.	SCHAEFER, E. A. . . 1910.	HERTWIG, O. 1916.
SCHULTZE, FR. E. . . 1898.	KÜKENTHAL, W. . . . 1910.	BIER, A. 1916.
VRIES, H. DE 1898.	STAHL, E. 1911.	NAVAŠIN, S. 1917.
GOWERS, V. 1900.	MÜLLER, FR. 1911.	HESS, C. 1917.
TIGERSTEDT, R. A. A. 1901.	SCOTT, D. H. 1912.	EISELSBERG, A. . . . 1917.
KOSSEL, A. 1901.	GOEBEL, K. 1912.	GROBBEN, C. 1917.
PAVLOW, I. P. 1902.	NOORDEN, K. H. . . 1913.	
WALDEYER, W. 1902.	OSBORN, H. F. . . . 1913.	

III. In Classe

Historico-Archaeologica

WIMMER, L. F. 1886.	MEYER, E. 1906.	WILAMOWITZ-MOEL-
AMIRA, K. 1887.	PAUL, H. 1906.	LENDORFF, U. . . . 1914.
THOMSEN, V. L. P. 1891.	SCHYBERGSON, M. G. 1909.	ROBERT, K. 1915.
BRUGMANN, K. 1899.	HAUSEN, R. T. . . . 1909.	WACKERNAGEL, J. . 1915.
SIEVERS, E. 1901.	SIJMONS, B. 1910.	ERSLEV, K. 1916.
STEENSTRUP, J. . . . 1902.	HARNACK, A. 1911.	DIELS, H. 1917.
SCHAEFER, T. 1902.	HAEBLER, K. 1911.	MÜLLER, S. 1917.

Academiae et Societates, cum quibus Acta Regiae Societatis
Scientiarum Upsaliensis communicantur.

<i>Göteborg</i>	K. Vetenskaps- och Vitter- hetssamhället.	<i>Berkeley</i> , Cal. . .	University library.
<i>Linköping</i>	Stiftsbiblioteket.	<i>Berlin</i>	K. Preuss. Akademie der Wissenschaften.
<i>Lund</i>	K. Fysiografiska Sällskapet.	»	Gesellschaft naturforschen- der Freunde.
<i>Stockholm</i>	K. Svenska Vetenskapsaka- demien.	»	Physikalische Gesellschaft.
»	K. Vitterhets-, Historie- och Antikvitetsakademien.	»	K. Zoologisches Museum.
»	Sveriges geologiska under- sökning.	»	Physikalisch-technische Reichsanstalt.
		<i>Bern</i>	Bernische naturforschende Gesellschaft.
<i>Adelaide</i>	R. Society of South Au- stralia.	»	Allgemeine schweizerische Gesellschaft für die ge- samnten Naturwissen- schaften.
<i>Agram</i>	Societas scientiarum natu- ralium croatica.	<i>Bologna</i>	R. Accademia delle scienze.
<i>Albuquerque</i> , N. Mex.	University library.	<i>Bordeaux</i>	Société des sciences phy- siques et naturelles.
<i>Amiens</i>	Académie des sciences, des lettres et des arts.	<i>Boston</i> , Mass. . .	American academy of arts and sciences.
»	Société Linnéenne du nord de la France.	»	Society of natural history.
<i>Amsterdam</i>	Kon. Akademie van weten- schappen.	<i>Braunschweig</i> . .	Verein für Naturwissenschaft.
»	Kon. Zoologisch genoot- schap (Natura artis ma- gistra).	<i>Bremen</i>	Naturwissenschaftlicher Ver- ein.
<i>Bamberg</i>	Remeis-Sternwarte.	<i>Breslau</i>	Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
<i>Bangkok</i>	Siam society.	<i>Brooklyn</i> , N. Y..	Museum of the Brooklyn institute of arts and sciences.
<i>Barcelona</i>	R. Academia de ciencias y artes.	<i>Brünn</i>	Mährisches Landesmuseum.
<i>Batavia</i> , Java . .	Magnetical and meteorolo- gical observatory.	»	Naturforschender Verein.
<i>Bergen</i>	Museum.	<i>Bruxelles</i>	Académie R. des sciences, des lettres et des beaux- arts.
»	Meteorologisk Station.	»	Observatoire Royal de Belgique.



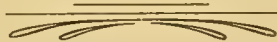
<i>Bruxelles</i>	Société R. de botanique.	<i>Edinburgh</i>	R. Observatory.
»	Société entomologique de Belgique.	»	Botanical society.
»	Société R. zoologique et malacologique de Belgique.	»	Geological society.
<i>Budapest</i>	Kir. Magy. természettudományi társulat.	»	Mathematical society.
<i>Buenos Aires</i>	Sociedad química argentina.	»	R. Physical society.
<i>Buffalo</i> , N. Y.	Society of natural sciences.	»	Royal society.
<i>Buitenzorg</i> , Java	Departement van landbouw.	<i>Frankfurt a. M.</i>	Senckenbergische naturforschende Gesellschaft.
<i>Caën</i>	Société Linnéenne de Normandie.	<i>Frankfurt a. d. O.</i>	Naturwissenschaftlicher Verein.
<i>Calcutta</i>	Indian association for the cultivation of science.	<i>Genève</i>	Société de physique et d'histoire naturelle.
<i>Cambridge</i>	Observatory.	<i>Genova</i>	Museo civico di storia naturale.
»	Philosophical society.	»	Musei di zoologia e anatomia comparata della R. Università.
»	Mass. Museum of comparative zoology.	<i>Giessen</i>	Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
<i>Charkow</i>	Société mathématique de l'université.	<i>Granville</i> , Ohio	Denison scientific association.
»	Société des naturalistes de l'université.	<i>Greenwich</i>	R. Observatory.
<i>Cherbourg</i>	Société nationale des sciences naturelles.	<i>Greifswald</i>	Naturwissenschaftlicher Verein von Neu-Vorpommern und Rügen.
<i>Chicago</i> , Ill.	Chicago academy of sciences.	<i>Göttingen</i>	K. Gesellschaft der Wissenschaften.
»	John Crerar library.	<i>Halifax</i>	Nova Scotian institute of science.
»	Field museum of natural history.	<i>Halle</i>	K. Leopold. Carol. Akademie der Naturforscher.
<i>Cincinnati</i> , Ohio.	Lloyd library.	»	Naturforschende Gesellschaft.
<i>Colombo</i> , Ceylon.	Museum.	<i>Hamburg</i>	Mathematische Gesellschaft.
<i>Columbia</i> , Mo.	University of Missouri.	»	Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung.
<i>Concarneau</i>	Laboratoire de zoologie et de physiologie maritimes.	<i>Hannover</i>	Provinzial-Museum.
<i>Cordoba</i> , Arg.	Academia nacional de ciencias.	<i>Harlem</i>	Musée Teyler.
<i>Davenport</i> , Iowa	Academy of natural sciences.	»	Hollandsche maatschappij der wetenschappen.
<i>De Bilt</i>	Kon. Nederlandsch meteorologisch institut.	<i>Heidelberg</i>	Naturhistorisch-medizinischer Verein.
<i>Delft</i>	Bibliotheek der technische hoogeschool.	<i>Helsingfors</i>	Academia scientiarum fennica.
<i>Dijon</i>	Académie des sciences, arts et belles-lettres.	»	Finska vetenskaps-societeten.
<i>Dublin</i>	R. Irish academy.		
<i>Dürkheim</i>	Naturwissenschaftlicher Verein »Pollichia».		

<i>Helsingfors</i> . . .	Societas pro fauna et flora fennica.	<i>London</i>	British association for the advancement of sciences.
<i>Innsbruck</i>	Naturwissenschaftlich-medizinischer Verein.	»	Mathematical association.
<i>Ithaca</i> , N.Y. . . .	Physical review.	»	R. Institution of Great Britain.
<i>Jassy</i>	Université.	»	British Museum (Natural history).
<i>Jena</i>	Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.	»	R. Astronomical society.
<i>Jurjew</i> (= Dorpat)	Meteorologisches Observatorium.	»	Linnean society.
»	Naturforscher-Gesellschaft.	»	Mathematical society.
»	Observatoire.	»	R. Microscopical society.
<i>Kassel</i>	Verein für Naturkunde.	»	Physical society of London.
<i>Kew</i>	R. Botanic gardens.	»	Royal society.
<i>Kiel</i>	Naturwissenschaftlicher Verein.	»	Zoological society.
<i>Kiew</i>	Université de St. Wladimir.	<i>Luxembourg</i> . . .	Institut Grand-Ducal de Luxembourg.
<i>Kjöbenhavn</i>	Carlsberg Laboratoriet.	<i>Lyon</i>	Académie des sciences, belles-lettres et arts.
»	K. Danske Videnskabernes Selskab.	»	Société d'agriculture, sciences et industrie.
»	K. Nordiske Oldskrift-Selskab.	»	Société Linnéenne.
»	Naturhistorisk Forening.	<i>Madison</i> , Wis. . .	Wisconsin academy of sciences, arts and letters.
»	Universitets-Bibliotheket.	<i>Madrid</i>	R. Academia de ciencias exactas físicas y naturales.
<i>Krakau</i>	Académie des sciences.	<i>Magdeburg</i>	Museum für Natur- und Heimatkunde.
<i>Kristiania</i>	Universitets-Bibliotheket.	<i>Manchester</i>	Literary and philosophical society.
»	Observatorium.	<i>Marseille</i>	Faculté des sciences.
»	Videnskabs-Selskapet.	<i>Messina</i>	Accademia Peloritana.
<i>Kyoto</i> , Japan . . .	College of science.	<i>Mexico</i>	Instituto geolog. de Mexico.
<i>Königsberg</i>	K. Physikalisch-ökonomische Gesellschaft.	<i>Milano</i>	R. Instituto Lombardo di scienze e lettere.
<i>La Plata</i>	Musée de la Plata.	<i>Modena</i>	R. Accademia di scienze, lettere ed arti.
<i>Lausanne</i>	Société Vaudoise des sciences naturelles.	<i>Montevideo</i> , Urug.	Museo nacional.
<i>Leiden</i>	Rijksherbarium.	<i>Montpellier</i>	Académie des sciences et lettres.
»	Rijksmuseum van natuurlijke historie.	<i>Moskwa</i>	Société des naturalistes.
<i>Leipzig</i>	Fürstl. Jablonowski'sche Gesellschaft.	<i>Mount Hamilton</i> , Cal.	Lick observatory.
»	K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften.	<i>München</i>	K. Bayerische Akademie der Wissenschaften.
<i>Liège</i>	Société R. des sciences.		
<i>Liverpool</i>	Biological society.		

- München* K. Hof- u. Staats-Bibliothek.
- Nancy* Société des sciences naturelles.
- Napoli* R. Accademia delle scienze.
» Museo zoologico della R. Università.
- New Haven*, Conn. Connecticut academy of arts and sciences.
- New York* Academy of sciences.
» American geographical society.
- Osnabrück* Naturwissenschaftlicher Verein.
- Ottawa*, Canada . Geological survey of Canada.
- Palermo* Circolo matematico.
» Società di scienze naturali ed economiche.
- Parà*, Bras. Museu Goeldi.
- Paris* Académie des sciences.
» Bibliothèque Sainte Geneviève.
» Ecole polytechnique.
» Musée Guimet.
» Muséum d'histoire naturelle.
» Observatoire astronomique.
» Société mathématique de France.
» Société française de physique.
- Petrograd* Académie des sciences.
» Botanischer Garten.
» Observatoire physique central Nicolas.
» Russ. physikalisch-chemische Gesellschaft.
- Peradeniya*, Ceylon. R. Botanic gardens.
- Philadelphia*, Pa. . Academy of natural sciences.
» American philosophical society.
- Pisa* R. Scuola normale superiore.
» Società Toscana di scienze naturali.
- Plymouth* Marine biological association of the United Kingdom.
- Portici* Laboratorio di zoologia generale e agraria della R. Scuola super. d'agricoltura.
- Porto* Academia polytechnica.
- Potsdam* K. Preuss. geodätisches Institut.
» Astrophysikalisches Observatorium.
- Prag* K. Böhmsche Gesellschaft der Wissenschaften.
» Naturw.-medizin. Verein für Böhmen, »Lotos».
- Presburg* Verein für Naturkunde.
- Pulkowa* Observatoire.
- Regensburg* K. Bayerische botanische Gesellschaft.
- Rio de Janeiro*, Bras. Museo nacional.
- Rock Island*, Ill. . Denkmann memorial library, Augustana college.
- Roma* R. Accademia dei Lincei.
» Società Italiana per il progresso delle scienze.
- Rostock* Naturforschende Gesellschaft.
- Saint Louis*, Mo. Academy of science.
- Salem*, Mass. Essex institute.
- San Francisco*, Cal. California academy of sciences.
- Santiago*, Chile . Instituto central meteorológico y geofísico.
» Museo nacional.
- Sarawak*, Borneo. Museum.
- Sendai*, Japan . . . Tôhoku Imp. university.
- Strassburg* K. Universitäts-Sternwarte.
- Stuttgart* Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg.
- Sydney* R. Society of New South Wales.
- Taihoku*, Formosa. Bureau of productive industry.

<i>Tokio</i> , Japan . . .	College of science, Imp. university.	<i>Washington</i> : . .	U. S. Naval observatory.
»	Mathematico-physical society.	»	U. S. Chief signal officer.
»	Zoological society.	»	U. S. Coast and geodetic survey.
<i>Torino</i>	R. Accademia delle scienze.	»	U. S. Geological survey.
»	Museo di zoologia ed anatomia comparata della R. Università.	<i>Wien</i>	K. Akademie der Wissenschaften.
<i>Toulouse</i>	Faculté des sciences.	»	K. K. Zoologisch-botanische Gesellschaft.
<i>Tromsø</i>	Museum.	»	K. K. Gradmessungsbureau.
<i>Trondhjem</i>	K. Norske Videnskabers Selskab.	»	K. K. Naturhistorisches Hofmuseum.
<i>Ulm</i>	Verein für Kunst und Alterthum.	»	K. K. Geologische Reichsanstalt.
<i>Utrecht</i>	Physiologisch laboratorium.	»	K. K. Sternwarte.
<i>Verona</i>	Museo civico.	»	Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.
<i>Washington</i> . . .	National academy of sciences.	»	Monatshefte für Mathematik und Physik.
»	U. S. Weather bureau.	»	
»	U. S. Department of agriculture.	<i>Wiesbaden</i>	Verein für Naturkunde in Nassau.
»	Carnegie institution.	<i>Zürich</i>	Naturforschende Gesellschaft.
»	Smithsonian institution.		

Upsaliae, d. 20 m. Dec. a. 1917.





S. M. LE ROI GUSTAVE V,
Protecteur Auguste et Præses Illustris
de la Société Royale des Sciences d'Upsala.

NOVA ACTA REGIÆ SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. 3. N. 1.

BICENTENAIRE

DE

LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES
D'UPSALA

LE 19 NOVEMBRE 1910.

PAR

N. C. DUNÉR.

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

(PUBLIÉ PAR ORDRE DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES.)

UPSALA

IMPRIMERIE EDV. BERLING

1911.

Les origines de la **Société Royale des Sciences d'Upsala** remontent, comme on sait, au mois de novembre 1710. Il est donc très naturel qu'on ait conçu, au sein de la Société, le dessein de célébrer le souvenir de sa fondation par une séance solennelle tenue en novembre 1910.

Bien qu'il soit parfaitement prouvé que c'est en novembre 1710 que fut fondé le *Collegium Curiosorum*, nom sous lequel notre Société exista d'abord, on ne connaît pas la date exacte de la première séance de cette compagnie, et par conséquent la vraie date de la fondation de la Société des Sciences reste incertaine. Cette incertitude qu'il n'y a aucun moyen de dissiper, facilita cependant le choix de la date de cette commémoration, qu'on était libre, par conséquent, de fixer au jour qui, pour d'autres raisons, semblait le plus convenable.

Avant de poursuivre, il convient de signaler un fait particulier de l'organisation de la Société. Elle a, en effet, à partir de 1728, un président d'honneur, appelé *Præses Illustris*. Le fauteuil d'honneur fut occupé d'abord par un haut fonctionnaire du royaume, et, en suite, par des membres de la Maison royale à partir de 1765. A présent, le Roi GUSTAVE V est à la fois le Protecteur Auguste de la Société et son *Præses Illustris*, ayant, à l'exemple de CHARLES XIII, conservé le fauteuil d'honneur dans la Société, même après son avènement au trône.

Il était donc facile de comprendre qu'on désirât vivement célébrer cette fête bicentenaire sous la présidence du Roi. Et on pouvait espérer que les affaires d'Etat n'y mettraient pas trop d'obstacles, précisément parce que l'on n'était pas tenu d'arrêter telle date plutôt que telle autre pour cette solennité, ce qui permettait au Roi de choisir un jour quelconque à sa propre convenance. En effet, le Roi daigna répondre favorablement aux vœux exprimés par la Société, en faisant savoir qu'Il assisterait à la fête dont Il daigna fixer la date au 19

novembre. Sa Majesté la REINE, le PRINCE ROYAL et la PRINCESSE ROYALE, ainsi que Son Altesse Royale le Duc CHARLES DE VESTROGOTHE voulurent bien aussi faire à la Société l'insigne honneur de prendre part à cette cérémonie.

Le jour de la fête fixé, il s'agissait avant tout de déterminer les conditions dans lesquelles elle devrait avoir lieu et de décider à quels instituts et à quelles personnalités on adresserait des invitations. On décida tout de suite que pour régler les dépenses sur les ressources plutôt modestes de la Société, il faudrait donner à cette fête un caractère intime, sans toutefois perdre de vue l'importance de l'événement qui la motivait. On résolut donc de prendre le cadre des séances ordinaires de la Société pour modèle, tout en faisant précéder la conférence scientifique qui, dans une séance ordinaire, forme la partie principale du programme, par un discours commémoratif et de faire suivre la séance par un banquet. La fête se trouvant ainsi limitée à quelques heures seulement, la Société ne pouvait songer à inviter les académies des pays étrangers avec lesquelles elle se trouve en relations d'amitié et avec lesquelles elle fait des échanges de publications. Force lui fut donc de se borner à inviter seulement les académies suédoises cultivant les mêmes sciences dont la Société s'occupe actuellement ou s'est occupée autrefois. On devait inviter aussi les universités d'Upsala et de Lund, les académies de Stockholm et de Gothenbourg, l'école supérieure de médecine et l'école des hautes études techniques à Stockholm, le Chef du ministère et le ministre de l'Instruction publique et des cultes, le président du corps des étudiants à l'Université d'Upsala, etc. En outre, tous les membres suédois et étrangers de la Société, tant honoraires qu'ordinaires seraient avisés de la fête, afin de pouvoir y prendre part, s'ils le désiraient.

Toutes les académies, les universités et les écoles supérieures ayant accepté l'invitation de prendre part à la fête, et décidé d'y envoyer des représentants, et les membres suédois de la Société, tant honoraires qu'ordinaires, voulant à très peu d'exceptions près y assister également, il a été jugé impossible, en raison déjà du nombre de ceux qui y seraient présents, de la célébrer dans la salle habituelle des séances de la Société. Eu égard, en outre, à la présence des membres de la Famille Royale qui devaient y assister, il ne fallait pas même songer à tenir cette séance solennelle dans la salle ordinaire. Mais on pouvait sans aucune difficulté trouver ce qu'il fallait. Car par suite des rapports intimes d'amitié et d'estime qui ont régné et

qui règnent toujours entre l'Université d'Upsala et la Société des Sciences, le Consistoire Universitaire offrit spontanément à la Société la grande salle des solennités de l'Université pour y célébrer son bicentenaire. La Société a accepté cette offre avec joie. La grande salle de l'université, dans laquelle il y a place pour 2000 personnes, permettait de donner à la fête un caractère bien plus imposant. On pouvait en élargir le cadre en y accueillant, outre les dames et autres personnes appartenant aux familles des membres de la Société, tous les professeurs de l'Université d'Upsala, avec les membres de leurs familles, plusieurs centaines d'étudiants et de nombreuses personnalités d'Upsala, de la capitale, de la province, etc.

Dès 1909, la Société avait résolu de publier, à l'occasion du bicentenaire, un ouvrage commémoratif, et avait chargé son secrétaire du soin de le composer. Le but de cet ouvrage était de chercher à éclaircir les débuts de la Société, depuis sa première fondation, jusqu'à l'époque où, après avoir obtenu la sanction royale de ses statuts, elle avait pris son nom actuel. Car c'est cette partie de l'histoire de la Société — de 1710 à 1750 — qui est à la fois la plus obscure et la plus intéressante. Pendant cette période, non seulement l'existence même de la Société fut à plusieurs reprises gravement menacée, mais encore la société changea plusieurs fois de nom, s'appelant successivement *Collegium Curiosorum*, *Societas Literaria*, *Societas Regia Literaria et Scientiarum*, *Societas Regia Scientiarum Upsaliensis* et enfin, comme aujourd'hui, *Regia Societas Scientiarum Upsaliensis*.

Comme pièces justificatives de cet exposé historique devaient servir les procès-verbaux non édités des séances de l'année 1711, les statuts adoptés par la Société en 1719 et enfin ceux sanctionnés par le gouvernement en 1728. Cet ouvrage a été enrichi non seulement d'un attrait de plus, mais encore d'une pièce justificative d'une grande valeur pour la partie la plus obscure de l'histoire de la Société, M. G. RETZIUS ayant fait l'offre généreuse, pour laquelle l'auteur lui exprime au nom de la Société les remerciements les plus vifs, de permettre à la Société d'employer comme pièce annexée à l'ouvrage en question des tirages à part de l'édition en fac-similé, imprimée aux frais de M. RETZIUS, de l'ouvrage très rare *Daedalus Hyperboreus*, publié de 1715 à 1718 par EMANUEL SWEDENBORG et contenant des articles sur les divers sujets traités dans les séances du *Collegium Curiosorum*, et formant une sorte de lien entre celui-ci et la *Societas Literaria*.

Le 19 novembre tout était prêt pour célébrer la fête, et vers 11 heures du matin arrivait à Upsala le train spécial qui amenait Leurs Majestés le Roi et la Reine, les autres Membres de la Famille Royale, les personnes de leur suite, les ministres, etc. A la gare, ils furent reçus par des représentants de la province, de la ville d'Upsala, de l'Université, des régiments stationnés à Upsala et des membres de la Société des sciences accompagnés de leurs femmes. Après avoir salué les personnalités présentes, Leurs Majestés se rendirent, à travers la ville richement pavoisée, au château, résidence du gouverneur de la province, président actuel de la Société, où les rejoignit bientôt tout le corps des étudiants, pour Leur présenter ses respects et Leur faire hommage de ses chants. Entre midi et 1 heure de l'après-midi, en présence de Leurs Majestés, on enleva le voile qui couvrait le sarcophage d'EMANUEL SWEDENBORG, érigé aux frais de l'Etat, dans la cathédrale d'Upsala, pour y conserver les restes mortels de ce grand savant suédois, un de ceux qui ont le plus activement travaillé à la fondation de la Société des sciences.

La séance solennelle.

La célébration du bicentenaire devant avoir lieu à 3 heures, les personnes ayant obtenu des cartes d'entrée commencèrent dès 2 heures à affluer dans la grande salle de l'université. Les membres de la Société et ses invités se rassemblaient pendant ce temps dans les locaux de la Société, d'où ils se rendirent en cortège à l'Université. Pendant qu'un orchestre d'élite jouait la marche de Mendelssohn tirée du »Songe d'une nuit d'été», ils entraient et prenaient les places qui leur avaient été réservées, dans la grande salle.

L'Université avait tenu non seulement à la mettre à la disposition de la Société, à titre gratuit, mais encore elle l'avait fait richement orner de fleurs et de plantes vertes, de sorte que le grand orchestre placé sur l'estrade, dans l'abside de la salle, et dont l'université avait voulu également supporter la plupart des frais, disparaissait presque entièrement derrière toute cette verdure. La salle était remplie de messieurs et de dames en toilette de cérémonie, et les étudiants qui y remplissaient les fonctions de gardes d'honneur étaient décorés, comme pour les grandes occasions à l'Université d'Upsala, des larges écharpes de soie aux couleurs nationales et portaient leurs

casquettes blanches bordées de noir et ornées de la cocarde nationale. Tout cela, dont l'éclat était encore rehaussé par les étendards des treize *nations* d'étudiants, dont les porteurs s'étaient placés à l'entour de la salle hémicyclique, ne pouvait manquer de produire un effet à la fois original et magnifique.

A 3 heures précises, l'orchestre attaqua le prélude des »Maitres Chanteurs» de Wagner, et Leurs Majestés avec les autres Membres de la Famille Royale firent Leur entrée solennelle et allèrent prendre place au centre de la salle, vis-à-vis de la tribune, entourés des deux côtés des membres de la Société et de ses invités.

Après que la musique eut cessé, M. HAMMARSKJÖLD, gouverneur de la province d'Upsala et alors président de la Société, prononça le discours suivant :

Majestés,

Altesses Royales,

Mesdames, Messieurs.

C'est en 1710. Le roi-héros est à Bender, loin de la patrie et réduit à l'impuissance. Son peuple ressemble à un viking blessé, qui chancelle sous les coups, mais qui se défend toujours. Son pays est une ville assiégée dont les bastions s'écroulent les uns après les autres. A travers la Baltique, quelle affluence de messages sinistres apportant la triste nouvelle d'armées écrasées et de forteresses perdues ! Une fanfare victorieuse se fait-elle entendre, c'est pour s'éteindre bientôt dans l'air étouffant qui oppresse la Suède tout entière. Dans cet air, la contagion triomphe facilement des âmes comme des corps. Le vent d'est a accablé de tant de deuil les esprits fatigués et pleins d'angoisse : voici que le même vent nous apporte aussi les germes d'un fléau qui éteint des milliers de vies.

C'est à Upsala, vers la fin de l'automne. Déjà à l'époque où le royaume était encore à son apogée et où aucun laurier, aucune conquête ne semblait hors de l'atteinte de l'épée tranchante du roi Charles, le château des Wasa et la cathédrale, l'université et les ateliers des bourgeois ont été réduits en cendre, désastre présageant le sort qui menace à ce moment la domination du Nord, héritage des Suédois.

Dans ces circonstances, au moment où tout paraît de nature à réduire les malheureux à l'inaction du désespoir, quelques hommes

érudits de notre bonne ville d'Upsåla décident de fonder une association pour les recherches scientifiques. C'est de cette association, modeste à ses origines, que la Société des sciences est née.

Ces hommes ne recherchent-ils que l'oubli des calamités présentes? Cette Académie de Gustave-Adolphe où ils se réunissent n'est-elle, sous notre climat boréal, qu'une froide réplique du palais tout en fleurs où jadis les dames et les chevaliers de Florence s'efforçaient, pendant que la peste envahissait leur ville, de tromper leurs angoisses par des conversations spirituelles et d'accélérer la fuite des jours qui ne plaisaient point? Notre société tire-t-elle ses origines d'une tentative faite pour fuir la réalité en se réfugiant dans le monde des idées, dont l'harmonie et la sérénité ne sauraient être troublées par les vicissitudes de la destinée?

A une époque moins héroïque, et parmi des hommes d'une moins haute taille, personne n'aurait pu, en effet, reprocher à Eric Benzélius et à ses amis d'avoir fermé la porte à la vie et de s'être adonnés tout entiers au culte de la science pure. Même s'il en avait été ainsi, notre société pourrait se souvenir avec fierté de sa genèse. Mais le legs que nous ont laissé nos aïeux carolins est autre. Les professeurs du roi Charles étaient d'une autre trempe. Ils ne songeaient point à fuir, pas même à se réfugier dans la science, forteresse inexpugnable, où la misère du pays ne saurait pénétrer pour frapper leurs yeux et leurs oreilles.

Le »*Collegium curiosorum*», le collège des chercheurs, s'appliquait bien à étudier les secrets de la nature et de la vie. Mais il concentra ses efforts sur les solutions qui pourraient contribuer au relèvement et au maintien de l'œuvre nationale délabrée. Les membres de ce petit collège se mirent donc en devoir de commencer à rebâtir le royaume, à une époque où, tout comme jadis à Jérusalem, il fallait encore manier l'épée d'une main et la truelle de l'autre.

Cette ardeur patriotique qui donna à notre association le premier souffle de vie, n'a jamais cessé depuis d'animer la Société des sciences, soit en voie de croissance, soit dans l'entière plénitude de ses forces. Le caractère national de la tâche que s'est proposée et qu'a accomplie notre société, nous le trouvons confirmé d'une manière éloquente et décisive par le bonheur dont elle a pu se féliciter pendant la plus grande partie de son existence, de voir au fauteuil de la présidence perpétuelle soit le Roi de Suède, soit l'Héritier de la Couronne. Fidèle à ces traditions, Sa Majesté, notre Roi actuel, a daigné, il y a

déjà plus de trente ans, accepter l'héritage le désignant comme *præses illustris* de la Société des sciences. Il a même plu à Sa Majesté de continuer, après son avènement au trône, d'être l'Auguste Président, et, en même temps, le Protecteur gracieux de la société.

Sire,

La Société des sciences ayant décidé de célébrer le souvenir de la deux centième année de son existence par une séance publique et solennelle, Votre Majesté a daigné désigner, pour cette fête commémorative, ce jour d'hui. Conformément aux vœux ardents de la Société des sciences, nous sommes honorés de l'auguste présence de Votre Majesté et de Sa Majesté la Reine, ainsi que de celle d'autres Membres de la Famille Royale. Pour cette insigne faveur accordée à notre société, je tiens à exprimer la reconnaissance respectueuse et dévouée de la Société des sciences. Je prie, en même temps, Votre Majesté de vouloir bien, en Sa qualité de *præses illustris*, daigner déclarer cette séance ouverte.

SA MAJESTÉ se leva et, s'adressant aux membres de la Société et à l'auditoire en général, voulut bien prononcer le discours que voici :

Je suis heureux de me trouver aujourd'hui dans ce cercle d'érudits, au sein de cette société savante à laquelle j'appartiens depuis trente ans, et à laquelle me rattachent des traditions bientôt séculaires datant du temps de mon Père et de mon Grand-Père.

Ma présence parmi vous, en ce jour, m'est chère à un autre titre encore. La vie moderne est d'une activité si fiévreuse, elle impose aux hommes à chaque instant tant d'exigences, que c'est presque un repos que de se trouver, ne serait-ce qu'un instant, dans un entourage où l'impulsion est donnée par l'effort silencieux pour reculer toujours davantage les limites de la science.

Tandis que les dangers les plus graves menaçaient, à l'est comme au sud, la patrie épuisée, et que la peste chas-

sait la jeunesse de l'Université, quelques savants se réunirent, au cours de l'automne de 1710, chez Eric Benzélius, conservateur en chef de la Bibliothèque universitaire «afin de pouvoir», selon un des historiographes de cette société, «oublier au moins pour quelques instants les objets déplorables qui de tous côtés se présentaient aux yeux et à la pensée». Ils cherchaient sans doute aussi, ces savants, cet équilibre et cette sérénité de l'esprit que les questions scientifiques agitées dans les réunions du Collège des chercheurs (*Collegium Curiosorum*) étaient bien faites pour leur procurer. Mais il est certain que le repos qu'ils trouvaient dans ces occupations était de nature à donner à ceux qui s'y livraient, l'énergie et le goût du travail. C'est ce qui ressort à la fois de ce qu'on sait de la première période de la confraternité en question, comme aussi du titre et du contenu de la première en date des revues scientifiques de notre pays, publiée par elle sous le nom de *Dædalus hyperboreus*. Cette opinion, enfin, n'est pas infirmée non plus par l'activité si variée que déploya, sous le nom de «Les Amis de l'érudition» la confraternité ressuscitée en 1719, et dont est sortie par la suite la présente société.

Mon chemin ne m'a pas conduit dans le champ des travaux d'érudition, mais la vie m'a appris que l'amour de la patrie, la précision de l'observation et la fidélité scrupuleuse dans le travail sont des facteurs sans lesquels on ne saurait atteindre à un but élevé et noble. Ces qualités furent celles qui inspirèrent le savant Benzélius, lorsque, à une époque de souffrances et de défaites, il fit naître en en élargissant la sphère d'action, la confraternité des Amis de l'érudition du sein du Collège des chercheurs.

Et ce sont, à tout prendre, ces mêmes qualités qui constituent les traits les plus saillants des annales glorieuses de la présente société.

Il ne m'appartient pas de dire la place importante et éminente à la fois qu'occupe, dans l'histoire de l'évolution de la culture scientifique en Suède, la Société des sciences d'Upsala. Elle a compté parmi ses membres des hommes tels que Swedenborg, Polhem, Linné, Berzelius, Geijer, Hwasser, sans parler de beaucoup d'autres dont ses fastes conservent fidèlement les noms, et qui autrefois, lorsque les frontières de la Suède étaient plus reculées que de nos jours, avaient remporté mainte brillante victoire dans le vaste champ clos de la science. Et chacun de nous sait que nous regardons à bon droit les travaux aussi étendus que fructueux de cette société comme l'origine même de trois de nos académies scientifiques ou littéraires actuelles.

Avant de déclarer ouverte la séance solennelle d'aujourd'hui, destinée à célébrer le souvenir du travail zélé, consciencieux et génial de deux siècles, je voudrais pouvoir graver dans vos coeurs une seule chose, savoir que cet intérêt si vif et si ardent pour la gloire de notre chère patrie, intérêt que nous révèlent tant de pages de l'histoire de la Société des sciences d'Upsala, puisse continuer à guider les pas de ses membres au cours de leurs travaux futurs, pendant le siècle qui vient de commencer.

Sur ce, je déclare cette séance ouverte.

M. Hammarskjöld, à qui Sa Majesté avait confié la mission de présider la suite de la séance, monta alors à la tribune, placée sur l'estrade, dans l'abside, et donna d'abord la parole à M. ANNERSTEDT, membre de la Société des sciences.

Ce dernier monta à son tour à la tribune que M. le Président venait de quitter, et s'exprima de la manière suivante :

Majestés,

Altesses Royales,

Medames, Messieurs.

Sous le froid climat du Nord, les plantes croissent lentement et ne développent qu'assez tard leurs fleurs et leurs fruits, mais, en revanche, au cours de la lutte incessante que leur imposent des conditions d'existence souvent défavorables, elles fixent des racines nombreuses et profondes dans le terrain qu'elles ont conquis. Quelque chose d'analogue se produit également au point de vue moral, qu'il s'agisse du développement des individus, des institutions ou de la société tout entière; le développement, dans cet ordre aussi, est lent, mais irrésistible. Certes, on se rend compte de la justesse de ce fait, en jetant un coup d'œil rétrospectif sur les destinées passées de la Société royale des sciences. Si le spectacle, qui s'offre ici à nos regards, est en quelque sorte identique, comment décrire d'autre part l'éclat qu'autour de son berceau font rayonner la grandeur extraordinaire de la personnalité du fondateur et l'élévation de sa pensée.

Le fondateur de notre société, comme chacun sait, fut ERIC BENZELIUS le jeune, dont le nom est un des plus illustres de l'histoire de l'érudition en Suède. Il fut un incomparable représentant du temps des GUSTAVE et des CHARLES, époque des grandes pensées, et, aussi, lorsque la gloire de la vieille patrie était en jeu, des nobles et généreux sacrifices. Au milieu des immenses désastres de la guerre, qui jetaient leur ombre épaisse jusque sur l'avenir, et malgré le fracas des armes, qui semblait devoir détourner toute attention des œuvres de la paix, ce qui demeurera sa gloire immortelle est d'avoir osé, avec ce courage intrépide qui convenait aux hommes du grand siècle, et avec cette calme assurance du chrétien et du philosophe, concevoir et réaliser cette belle pensée de planter dans notre sol, que la guerre menaçait de détruire complètement, l'arbre frêle et délicat de la science, et de faciliter par là à notre peuple le moyen de reprendre, dans le domaine de la culture intellectuelle, sinon tout, du moins une partie de la splendeur acquise et perdue tour à tour sur le théâtre de

la guerre. L'amour de la patrie, qui fut le ressort puissant de toutes ses actions, est resté toujours vivace au sein de la société créée par lui, de même que le modeste espoir qu'il avait exprimé en fondant son œuvre, à savoir que la postérité, du moins, saurait rendre justice à ses intentions, s'est trouvé en tous points réalisé: son nom, en effet, tel une étoile brillante, scintille encore au firmament de la science suédoise.

A première vue, il peut sembler étrange que notre Société, avec ses tendances actuelles orientées principalement vers les mathématiques et les sciences naturelles, ait été fondée par un bibliothécaire. Il convient toutefois de remarquer que dans la pensée de BENZELIUS entraît le projet d'assigner à la Société créée par lui une tâche autre et bien plus étendue que celle qui lui fut imposée dans la suite par la force des choses. Il se proposait, en effet, de grouper, au sein de cette Société, les sciences les plus diverses, sans exclure même celles qui, de nos jours, nous semblent absolument hétérogènes. Il n'y a là rien d'étonnant pour quiconque sait, combien vagues étaient les limites qui, en ce temps-là, séparaient encore les différentes sciences les unes des autres. Les *Acta Litteraria*, dont BENZELIUS commença lui-même la publication, nous fournissent une preuve irréfutable du caractère encyclopédique qu'avait à l'origine notre Société. Cette publication, en effet, a une portée vraiment universelle, et j'ajouterai qu'elle soutient la comparaison avec les meilleures revues scientifiques de l'époque. Aussi, la Société des sciences a-t-elle toujours reconnu, malgré les restrictions apportées ultérieurement à son programme, cette *universitas scientiarum* dont l'importance doit être sentie par chaque société scientifique, de même que par les universités, si elles tiennent à remplir leur mission.

A ce point de vue, les preuves ne font pas défaut: c'est ainsi que l'illustre JOHAN IHRE, l'initiateur des recherches linguistiques suédoises, entra de bonne heure dans notre compagnie. Ce fut encore grâce à l'impulsion de notre société que les travaux de composition du dictionnaire suédois, qui avaient fait l'objet de son intérêt et de ses préoccupations à une époque précédant de plusieurs générations la fondation de l'Académie suédoise, furent confiés aux soins d'IHRE, pour former enfin son vaste *Glossarium Suio-Gothicum*. Je puis rappeler également ici que, lorsque le grand LINNÉ, couronné de gloire et d'années, se démit de ses fonctions de secrétaire, on nomma, pour lui succéder, l'un des plus grands orientalistes de l'époque, CARL AURI-

VILLIUS; dix-sept ans après la mort de celui-ci, son fils, le savant et noble PER FABIAN AURIVILLIUS, qui fut, après BENZELIUS, le plus remarquable des conservateurs de notre bibliothèque universitaire, occupa ces mêmes fonctions. Au reste, l'universalité qu'on avait voulu donner, à l'origine, à notre Société, se manifeste dans plus d'une occasion au cours de cette première période. Je me contenterai d'en signaler une, probablement inconnue de la plupart de mes auditeurs, et qui ne manquera certainement pas de les étonner. ANDERS CELSIUS, génie universel, roula dans sa vaste tête la pensée hardie d'adjoindre également aux attributions de la société les recherches archéologiques. S'il avait pu réaliser son désir, elle se serait trouvée chargée de la grande mission en vue de laquelle fut fondée plus tard l'Académie des Belles-Lettres, de l'Histoire et des Antiquités. Mais la concentration, c'est la force, et notre Société comprit, à son profit sans doute, qu'elle devait se confiner dans les recherches dont elle s'occupe actuellement.

Née de l'Université d'Upsala, la Société des sciences a fidèlement servi cette glorieuse *Alma mater*. Elle-même a donné, à son tour, naissance à plusieurs des académies et des sociétés savantes qui font aujourd'hui la gloire de la Suède: c'est pourquoi on pourrait, non sans raison, l'appeler leur mère à toutes. Plusieurs d'entre ces institutions savantes, il est vrai, ont depuis, richement dotées qu'elles ont été par l'État et efficacement patronnées par de généreux Mécènes, surpassé en gloire celle qui a été un jour leur mère. Mais ce sont là de ces choses qui se produisent souvent ici-bas, et qui, par conséquent, ne sauraient exciter notre envie, d'autant moins qu'une mère ne peut que se réjouir de l'heureuse fortune de ses enfants. La Société, quant à elle, s'en est tenue fidèlement à un rôle plus modeste à côté de l'université du giron de laquelle elle est sortie et au bien de laquelle elle s'est toujours consacrée. Quoi qu'il en soit, il est incontestable que si, au point de vue des avantages matériels et de la splendeur qu'elle rayonne au dehors, elle le cède à la jeune génération qu'elle a formée, elle ne lui est nullement inférieure par l'amour de la science et par son ardent désir de maintenir intactes les traditions glorieuses de la Suède.

Nombreux ont été les obstacles qui se sont opposés à la réalisation, dans son ampleur première, de la grande pensée de BENZELIUS. Au premier rang de ces difficultés, il faut citer la pauvreté, cette faiblesse dont a eu à souffrir notre pays tout entier jusqu'à une époque

assez récente. La volonté la plus ferme, en effet, est impuissante, lorsque l'argent vient à manquer. Certes, les destinées de la Société auraient pris un autre cours, si le projet de BENZELIUS, qui avait pour but de lui faire attribuer le monopole de l'édition du calendrier, avait pu se réaliser. Or, ce privilège échut à l'Académie des sciences, qui, délivrée ainsi des soucis matériels, put désormais, aux yeux de l'étranger, représenter avec éclat l'épanouissement de la science suédoise. Mais, pour la Société, ce fut là, sans doute, un coup bien dur à supporter que de se voir ainsi déçue dans son espoir, et ce, d'autant plus qu'elle n'a pas été depuis l'objet d'une sollicitude quelconque de la part des pouvoirs publics. Bien menues, en effet, sont les miettes qu'elle a reçues de l'État. Ces secours se réduisent à deux. C'est ainsi qu'elle obtint d'Ulrique-Eléonore le droit de recueillir et de vendre pour son compte les tuyaux en fer, datant du règne de Christine, par lesquels les eaux étaient amenées au château d'Upsala; cette vente lui rapporta 9,000 dalers en cuivre, somme assez importante alors. Mais ce fut là, toutefois, le seul don qui lui ait été attribué au cours d'un demi-siècle. Un autre avantage, peu appréciable à l'époque, a été la franchise postale, qui lui fut d'ailleurs retirée en 1782, pour ne lui être rendue que de nos jours.

A défaut de Mécènes se rendant compte du rôle qu'elle devait jouer, cette jeune fondation fut longtemps abandonnée au seul esprit de sacrifice de ces propres membres. C'est ainsi qu'il advint, en 1730, qu'elle se vit dans l'impossibilité, quel qu'en ait été son désir, de subvenir aux frais d'impression d'un ouvrage qui lui avait été remis par le jeune CAROLUS LINNÆUS, dont elle avait su apprécier le génie naissant. Il convient toutefois d'ajouter qu'elle contribua efficacement à l'aider dans ses premiers voyages. En réalité, elle devait attendre jusqu'en 1778 la joie de recevoir une donation d'un bienfaiteur anonyme, donation qui ne s'élevait qu'à 200 rixdales *specie*. Mais, il semble que ce don ait été pour elle le »denier de la veuve«, car quelques années plus tard, le maître de forges JOHAN ABRAHAM GYLLENHAAL lui remit la somme, importante pour l'époque, de 4613 rixdales *specie*; ce fut là l'origine de ses ressources. Ce même et généreux bienfaiteur pourvut à son installation en lui léguant l'immeuble où elle siège actuellement, et où se rattachent pour elle tant de souvenirs, car c'est là que s'est écoulée la vie laborieuse du savant JOHANNES SCHEFFERUS. Depuis lors, le capital de notre société ne s'est toutefois accru que fort lentement: ce ne fut, en effet, que dans la deuxième moitié du

siècle dernier qu'elle commença à recueillir des donations de quelque importance. En 1874, ANDERS FREDRIK REGNELL, cet homme qui sacrifia à sa patrie tout ce qu'il avait acquis en pays étranger par le labeur de toute sa vie, lui offrit une somme de 15,000 couronnes. OLOF GLAS et TOBIAS ROBERT THALÉN, qui se succédèrent dans les fonctions de secrétaire de la Société, se souvinrent également de la Société qu'ils avaient si fidèlement servie en lui léguant chacun 10,000 couronnes; finalement, un autre donateur anonyme lui a fait remettre pareille somme, il y a quelques années. Grâce cependant aux soins avec lesquels les ressources de la Société ont été gérées, ses fonds, au début de la présente année, se sont élevés à 277,000 couronnes. Sur cette somme, 100,000 couronnes ont, toutefois, été placées dans l'immeuble, la bibliothèque, etc. Ce qui reste, représente le capital dont les intérêts doivent mettre notre Société à même de s'employer à la réalisation de son vaste programme. Certes, ce n'est pas là la richesse; c'est pourquoi il peut paraître légitime d'espérer qu'il se présentera des Mécènes généreux pour venir en aide à la plus ancienne compagnie scientifique de notre pays.

Malgré la modicité de ses ressources, la Société a constamment cherché à remplir, dans la mesure de ses forces, sa principale tâche, qui est de mettre, par la publication de ses *Acta*, les membres de l'université à même de faire connaître au monde des savants les résultats de leurs travaux scientifiques, tâche qui était d'une importance toute particulière à l'époque où l'université se trouvait encore dépourvue de tout organe de ce genre. La pauvreté à laquelle il a déjà été fait allusion, eut ce résultat, il est vrai, que la publication des *Acta* se fit pendant longtemps d'une façon lente et irrégulière, mais, depuis que les difficultés eurent été aplanies, les différents volumes de cette œuvre se sont succédé avec une rapidité toujours croissante. Ainsi, alors qu'il fallut soixante-treize ans pour mener à bonne fin la publication de la troisième série des *Acta*, composée de 14 volumes, cinquante années suffirent pour achever, en 1904, la quatrième série, forte de 20 volumes. Il ne m'appartient pas de porter un jugement sur la valeur des travaux que renferment ces grands in-quarto. Et je me bornerai à faire remarquer que les auteurs de ces différents mémoires ont joué un rôle prédominant, souvent même brillant, dans l'histoire de la science. Toutefois, ce n'est pas là la seule façon dont la Société s'est efforcée de réaliser son programme: elle a également,

par des attributions de prix et de bourses de voyage, cherché à encourager et à récompenser les savants.

Il ne faut pas oublier non plus que notre Société a su, à plusieurs reprises, avec une largeur de vues qui l'honore, prendre, pour le plus grand bien de l'université, des initiatives énergiques et fécondes. C'est ainsi que le projet de construction d'un observatoire fut conçu par la Société et réalisé, en 1741, par son secrétaire, ANDERS CELSIUS. Ce fut également la Société des sciences qui, en 1729, proposa la création d'une chaire de physique, qui fut enfin fondée en 1750 et occupée, à partir de cette date, par l'un de ses membres, SAMUEL KLINGENSTJERNA, père de la physique moderne en Suède. Enfin, les recherches météorologiques furent inaugurées dans notre pays par un autre de ses membres, ERIK BURMAN, qui, en 1722, avec l'aide d'ANDERS CELSIUS, âgé alors de 21 ans, entreprit la série de ces recherches; elles ont été continuées depuis sans interruption et se poursuivent encore de nos jours. D'un intérêt non moins grand furent les observations ayant pour but de déterminer les variations d'intensité du magnétisme terrestre, observations qui, au nombre de dix mille, furent faites à Upsal par le même Celsius et, après lui, par OLOF HJORTER; grâce à eux, les variations diurnes de l'aiguille aimantée ont été soigneusement enregistrées et précisées.

Ce qui précède nous permet de juger de l'importance des résultats qu'aurait pu obtenir notre Société, si elle avait eu à sa disposition les moyens pécuniaires suffisants. En effet, la Société a toujours compté parmi ses membres des talents marquants, souvent même des génies de tout premier ordre, et ce n'est pas sans admiration que le regard parcourt la liste des noms illustres dont s'irradient les pages de son histoire. Quelles merveilleuses facultés que celles d'ANDERS CELSIUS, qui, nommé *docent*, en pleine jeunesse, sut occuper dignement deux chaires à la fois, l'une de mathématiques, l'autre d'astronomie, qui, au cours d'un voyage de plusieurs années à l'étranger, força partout le respect et l'admiration, et que nous retrouvons plus tard comme l'un des principaux membres de cette célèbre expédition chargée en 1736 de mesurer au Norrbotten un arc de méridien. Les savants faisant partie de cette mission, réussirent, on le sait, à prouver définitivement la justesse de la célèbre théorie de NEWTON relative à l'aplatissement de la terre aux pôles. C'est lui, enfin, qui, avec une énergie victorieuse de tous les obstacles, contraignit l'université, bien que pauvre, à consentir le sacrifice des sommes importantes néces-

saires à la construction du premier observatoire en Suède. Il est, en effet, profondément douloureux de voir cet homme de génie, dont la santé déjà faible avait été minée par un surmenage excessif, succomber aux attaques meurtrières de la phtisie, au moment même où il allait recueillir les fruits de son labeur. Quant à son successeur au secrétariat, CARL VON LINNÉ, le prince du royaume des fleurs, dont le nom est répandu dans le monde entier, et qui trouva moyen, malgré cent autres occupations, de rester secrétaire pendant 23 ans, qui d'entre vous ne le connaît? Et quelles grandes figures se pressent autour de lui: c'est EMANUEL SWEDENBORG, génie universel, c'est CHRISTOPHER POLHEM, célèbre technicien, SAMUEL KLINGENSTJERNA, le grand physicien, et, enfin, NILS ROSÉN VON ROSENSTEIN, l'illustre médecin! Parmi les mathématiciens et les astronomes, brillent des noms tels que ceux d'ERIK BURMAN, MÅRTEN STRÖMER, DANIEL MELANDER-HJELM, nommé, au déclin de sa vie, secrétaire de l'Académie des sciences, FREDRIK MALLET et ERIK PROSPERIN. Dans le domaine de la chimie, il suffira de citer un nom unique, mais grand, celui du noble TORBERN BERGMAN, qui, de même que celui de SCHEELE, son célèbre collaborateur, est allé à la postérité; ajoutons toutefois que BERGMAN n'a pas manqué, par la suite, de dignes continuateurs. Pour la médecine, nous citerons les ADOLF MURRAY, les JOHAN GUSTAF ACREL, les PER VON AFZELIUS, les ISRAËL HWASSER, et, enfin, OLOF GLAS, qui fut, à la fois, le secrétaire, le bienfaiteur et l'historien de la Société. Il va sans dire que la botanique fut toujours brillamment représentée dans la Société où LINNÉ a laissé des traces impérissables. Il convient de nommer ici CARL PETER THUNBERG, GÖRAN WAHLENBERG, ELIAS FRIES: la haute et imposante stature de ce dernier, aux traits frappés au coin du génie, est sans doute présente encore à la mémoire de plusieurs des personnes réunies ici. Quant à la physique, rien de plus naturel qu'elle se soit maintenue à un niveau digne de ses débuts, au sein d'une société qui, parmi ses principaux et ses plus brillants membres, a compté un CELSIUS et un KLINGENSTJERNA. Il suffira de citer, dans cette branche de la science, les noms de quelques-uns de ses plus grands représentants, tels que FREDRIK RUDBERG, mort prématurément, ADOLF SVANBERG, ANDERS JONAS ÅNGSTRÖM et TOBIAS ROBERT THALÉN; ces deux derniers noms se rattachent indissolublement au grand problème de l'analyse spectrale. — Si le temps m'en était donné, il me serait facile d'allonger encore cette liste, car la Société a toujours ouvert ses portes aux membres méritants de l'université, et,

pour dire la vérité, elle compte encore aujourd'hui, dans son enceinte, des hommes éminemment capables de défendre notre bon renom scientifique.

Je n'ai pu, malheureusement, dans l'espace de ces courts instants, que vous donner quelques pages éparses de l'histoire de notre Société. Les lumières et les ombres ont alterné dans mon tableau, mais l'impression générale qui s'en dégage, ne manquera certes pas d'être d'un réconfort puissant, si mes auditeurs, comme je l'espère, ont senti avec moi qu'ils se sont trouvés en présence du souvenir d'une œuvre noble et patriotique. Notre glorieux passé nous permet d'affirmer avec assurance que la Société royale des sciences saura, dans les temps à venir, comme elle l'a fait jusqu'à présent, combattre sans forfanterie, mais virilement et avec persévérance, pour l'accomplissement de sa belle mission, qui est de contribuer le plus possible à l'épanouissement et à l'éclat de la science suédoise; dans cette lutte, rien ne saurait la décourager, car l'amour, quoi qu'on en dise, est encore le ressort le plus puissant de la vie.

Puis, l'orchestre exécuta l'ouverture d'«Iphigénie à Aulis», opéra de Gluck, après quoi M. HAMMARSKJÖLD s'adressa aux représentants des universités, des hautes écoles, des académies et des sociétés savantes en ces termes:

Dès les premiers temps de son existence, la Société des sciences entra en relations avec d'autres sociétés qui s'étaient assigné une tâche analogue ou correspondante. Le champ d'activité de la science a, en effet, une étendue telle que ce serait folie de prétendre s'isoler et se suffire à soi-même, et que la communauté des efforts et du labeur s'impose comme un devoir et une nécessité. Les relations avec les universités, les écoles de hautes études, les académies et sociétés savantes, en Suède aussi bien qu'à l'étranger, sont devenues, avec le temps, de plus en plus étendues et fécondes.

C'est en vertu du sentiment très net qu'elle a de cet état de choses que la Société des sciences aurait désiré inviter à cette fête commémorative l'ensemble de toutes les institutions avec lesquelles elle entretient des rapports suivis. Les circonstances ayant toutefois obligé la Société à limiter le nombre des invitations, elle n'a pu se priver du plaisir de convier les sociétés suédoises avec lesquelles elle

est unie par les liens les plus intimes. C'est pour la Société des sciences une satisfaction toute particulière de constater que son invitation a été accueillie avec tant d'empressement, et que les institutions sœurs ont tenu, par la nomination de délégués, à participer à notre fête. Cette satisfaction est encore accrue du fait que ces délégués ont déclaré vouloir prendre la parole ici pour transmettre à notre société les sympathies des institutions qu'ils représentent. En conséquence, je prie, avec l'autorisation gracieuse du Roi, MM. les délégués des universités et écoles de hautes études d'abord, et ceux des académies et sociétés savantes puis, de bien vouloir accomplir leur mission.

Ensuite, M. SCHÜCK, délégué de l'Université d'Upsala, à qui les représentants des autres universités et des hautes écoles avaient donné la charge de parler en leur nom, monta sur l'estrade, suivi de MM. Fürst (Lund), De Geer (Stockholm), Stavenow (Gothembourg), le comte Mörner (Institut Carolin à Stockholm) et M. Magnell (Institut Polytechnique à Stockholm) et s'exprima ainsi :

Sire,

Illustrissime Præses,

Les universités et écoles de hautes études suédoises prient la Société Royale des sciences d'agréer leurs félicitations. Nous avons tout lieu de la féliciter, en effet, car nous avons tous, plus ou moins, et l'Université d'Upsala plus que les autres, contracté une dette de reconnaissance envers la société qui célèbre aujourd'hui le bicentenaire de son existence. Le premier essor de la science suédoise, c. à. d. l'époque des SWEDENBORG, des LINNÉ, des IHRE et des CELSIUS, est dû essentiellement à la Société des sciences. Grâce aux relations étroites qui régnèrent entre elle et l'Université d'Upsala, les universités entreprirent, elles aussi, à partir des premières années de l'ère de la liberté, une tâche plus noble et plus étendue qu'auparavant. De pures institutions d'enseignement qu'elles avaient été, en somme, jusqu'alors, elles se transformèrent, grâce à l'apport des résultats scientifiques de la Société, en institutions qui avaient autant à cœur de favoriser les recherches scientifiques que de former des fonctionnaires pour les administrations de l'Etat.

Pendant deux cents ans, l'activité de la Société s'est traduite par l'encouragement et par l'orientation qu'elle a su donner aux tra-

vaux scientifiques dans le monde universitaire. Elle a été le stimulant qui a exalté la passion des recherches surtout à l'Université d'Upsala. Aussi, lorsque nous venons exprimer aujourd'hui notre reconnaissance à la Société pour les résultats acquis au cours de ces deux siècles, c'est dans l'espoir qu'il lui sera donné de perpétuer, à l'avenir, ses brillantes traditions avec le même succès que jusqu'à présent.

En passant devant M. le Président, chacun de ces messieurs remit entre ses mains une adresse ou un volume de félicitations.

Monsieur le PRÉSIDENT répondit :

Messieurs les délégués des universités et des écoles de hautes études.

Les compliments dont vous vous êtes faits les interprètes, constituent pour la Société des sciences un témoignage précieux de votre sympathie et de votre solidarité.

Les universités et écoles de hautes études ont en commun avec les académies et sociétés savantes l'activité scientifique. Dans cette activité elles présentent, cependant, les traits particuliers découlant de l'enseignement qui leur est réservé. Nous reconnaissons sans arrière-pensée, en ce qui concerne les institutions d'enseignement, non seulement la force qu'elles puisent au contact de chaque jour avec la jeunesse du pays, mais encore leur droit de priorité lorsqu'il s'agit de l'attribution de subventions publiques. Mais nous croyons que les académies et sociétés savantes ont, elles aussi, une mission importante à remplir dans la vie de la nation, comme dans celle de l'humanité, et notre opinion à ce sujet se trouve confirmée par la constatation de l'intérêt bienveillant que portent à notre société les universités et les écoles de hautes études.

Puis s'avancèrent MM. de Wirsén, secrétaire perpétuel de l'Académie Suédoise, suivi de MM. Aurivillius (Académie des Sciences), Montelius (Académie des Belles-Lettres, des Sciences historiques et des Antiquités), Lundeberg (Académie d'Agriculture), Bäcklund (Société Physiographique), Nordenskjöld (Société des Sciences et des Belles-Lettres de Gothembourg) et Persson (Société des Sciences humanitaires à Upsala).

M. DE WIRSÉN prononça le discours suivant:

Majestés,

Altesses Royales,

Mesdames et Messieurs,

De grands souvenirs se rattachent à la fondation de cette société savante, qui constitue le modèle de toutes les compagnies littéraires qui se sont formées ultérieurement en Suède. Ce sont les souvenirs de périls éminents, car la situation du royaume était non seulement gravement menacée, mais presque désespérée, souvenirs d'une incoercible ardeur des investigations et d'une soif des découvertes scientifiques renaissant, en quelque sorte, sous le coup des dangers.

Le collège des chercheurs (*Collegium curiosorum*), d'où est sortie la Société Royale des sciences, ne perdait pas courage à une époque où notre pays était assailli à la fois par le Danemark, la Russie et la Prusse, et où il ne pouvait plus compter, pour sa défense, sur la présence de son roi. C'est qu'en effet une force héroïque résidait dans l'âme des ERIC BENZELIUS, des HARALD VALERIUS et de ses fils, des PETRUS ELVIUS et de cet original LARS ROBERG. On discuta les préparatifs d'une expédition en Laponie, en vue d'y procéder à des expériences se rapportant à la mesure de l'arc du méridien et à diverses recherches sur le magnétisme.

POLHEM et SWEDENBORG, eux, s'occupaient des moyens d'extraire le sel en Suède même. Un trait de mâle courage se révèle à ce propos dans cette boutade de POLHEM que la Suède pourrait recouvrer après la conclusion de la paix, grâce à ses richesses nationales, plus qu'elle n'avait perdu par ses guerres.

La Société Royale des sciences a continué glorieusement, pendant deux siècles, l'œuvre inaugurée par le *Collegium curiosorum*.

C'est au nom de l'Académie suédoise, comme en celui des autres compagnies littéraires et savantes qui ont été gracieusement conviées à se faire représenter à ce jubilé, que j'apporte à la Société Royale des sciences, conformément à ma mission, les félicitations les plus chaleureuses, avec la conviction que cette société, à l'avenir comme par le passé, portera fièrement l'étendard des pionniers de la science, et qu'en un mot elle restera une des gloires de notre patrie.

A l'exemple des membres du groupe précédent, les représentants des académies et des sociétés savantes remirent ensuite au Président des adresses et des volumes de félicitations, après quoi M. le PRÉSIDENT parla ainsi :

Messieurs les délégués des académies et des sociétés savantes.

Au nom de la Société des sciences, je remercie les compagnies savantes que vous représentez.

Au début, la Société des sciences se trouvait, en notre pays, être seule à côté des vieilles universités. C'est avec joie qu'elle a salué la naissance d'académies et de sociétés qui, soit disposant de ressources plus vastes et de forces plus grandes, soit pour s'être spécialisées davantage, soit enfin grâce à des relations plus faciles avec les érudits des différents points de notre pays, ont pu faire leurs des parties plus ou moins grandes afférant aux tâches que la Société des sciences s'était une fois posées, pour les avoir considérées comme importantes ou nécessaires. Si ces sœurs cadettes de notre Société ont joui, à tel ou tel égard, de conditions d'existence plus favorables, et si, par suite, elles ont pu atteindre à un développement en quelque sorte plus brillant, nous ne voyons là qu'une raison de plus pour nous en féliciter avec elles. Tant mieux encore si chacune d'entre elles a vécu de sa propre vie et a su préciser sa propre originalité. Le caractère fondamental en reste essentiellement le même, malgré leur apparente diversité. *Facies non omnibus una, nec diversa tamen, qualem decet esse sororum.*

M. le PRÉSIDENT, après avoir en outre annoncé que plusieurs académies à l'étranger, de même que l'Université de Christiania et de nombreux membres étrangers de la Société l'avaient honorée de télégrammes ou de lettres de félicitations, donna, dans les termes suivants, la parole à M. Fries :

Une vieille tradition veut qu'il y ait à chacune de nos séances une conférence scientifique.

A l'occasion de cette séance solennelle, la conférence d'usage, avec la gracieuse autorisation du Roi, va être faite par M. Fries, membre honoraire de la Société des sciences.

M. FRIES fit de la tribune une conférence sur »l'Histoire naturelle à l'Université d'Upsala au début du XVIII^e siècle».

Après cela, M. le PRÉSIDENT, s'adressant à Leurs Majestés, prononça ce discours :

Notre séance solennelle tire à sa fin. Nous venons d'évoquer des images du passé et de rappeler comment s'est formée notre Société, comment, sous la protection de nos rois et grâce à l'aide des institutions sœurs, elle a exercé son activité à travers les âges au profit de la patrie et de la science. En jetant un regard rétrospectif sur l'état où se trouvait la science il y a deux cents ans, nous avons pu nous faire une idée des progrès réalisés, progrès auxquels ont coopéré, dans la mesure de leurs forces, notre Société et ses membres.

Mais les jubilés ne sont pas uniquement des fêtes commémoratives. Nos regards se portent aussi vers l'avenir.

Le passé et le présent de la Société des sciences nous permettent — j'ose l'affirmer — d'augurer pour elle, soutenue qu'elle est par la considération et la sympathie des institutions sœurs, un long et fécond avenir consacré aux progrès de la science.

Si le Roi et la Reine de Suède, accompagnés de plusieurs Membres de Leur Famille, ont daigné apporter à notre fête l'éclat et la solennité que seule peut donner Leur présence, c'est qu'ils ne se sont pas plu uniquement à reconnaître le rôle qu'a joué jusqu'à présent la Société des sciences au service de la patrie. Il n'est pas téméraire, en effet, de voir aussi dans la présence de Leurs Majestés un témoignage de la confiance que Leur inspire pour l'avenir son activité dans ce même sens.

Aucune manifestation de confiance ne saurait être plus précieuse, ni de meilleur augure pour notre société en sa qualité d'institution nationale et patriotique.

Tout en faisant la part qu'il convient au cosmopolitisme, qui est le propre de la science, la *Société des sciences d'Upsala* entend avant tout conserver son caractère suédois. Or, le peuple suédois s'est fait depuis longtemps la tradition de voir dans les Rois non seulement les représentants du pouvoir public, mais aussi de la Nation tout entière, avec ses plus nobles aspirations, ses plus généreuses ambitions, ses plus douces espérances.

S'il est permis de croire que Leurs Majestés ont de notre Société une haute idée, et qu'Elles la jugent digne de Leur bienveillant intérêt, nous pouvons y voir un témoignage irrécusable porté au nom de la Suède même, témoignage qui ne nous permet pas de douter que notre société n'ait aussi une réelle et grande mission *patriotique*, qu'elle peut légitimement espérer mener à bonne fin.

Roi très-puissant, Reine très-gracieuse,

Il y aura bientôt trente ans qu'un membre de notre Société vous salua par ces vers qui résonnent toujours.

»Ecoute, s'écriait-il, écoute, jeune fils de notre roi, n'entends-tu pas les acclamations joyeuses qui du lointain te saluent . . . Ecoute-les et tu entendras les battements du cœur de la Suède». Et il poursuivait: »Ecoute, belle fiancée de notre prince, prête ton oreille aux accords de la lyre suédoise. Lorsqu'elle sème des fleurs sous tes pas, c'est le langage de notre âme que tu entends».

Depuis lors, le cœur du peuple suédois n'a jamais cessé de battre pour Vous, ô Sire, et le langage de notre âme, Auguste Reine, n'a pas changé.

Les sentiments d'amour et de dévouement sont toujours les mêmes; dans le cours de ces trente ans, ils ne sont devenus que plus vifs, plus puissants, plus profonds et ils ne pénètrent que mieux toutes les parties de notre vaste pays de Suède. Dans quel endroit serait-il plus naturel d'exprimer ces sentiments que dans cette ville qui a été l'objet de Votre part de tant de marques d'intérêt, de bienveillance et de confiance, ou au sein de cette Société des sciences qui jouit du bonheur de compter tout particulièrement parmi les siens le Roi de Suède, et, partant aussi, la Reine.

Daignez donc permettre aux membres de la Société des sciences et de l'Université d'Upsala, aux citoyens de cette ville, à nous tous, enfin, ici présents, de témoigner à Vos Majestés nos sentiments de très profond et très respectueux dévouement, en poussant, du fond de nos cœurs suédois, un vivat retentissant en l'honneur de Vos Majestés.

Vivent Leurs Majestés le Roi et la Reine!

Ce discours fut accueilli par des hourras de la part de l'auditoire, et on entonna l'hymne royal.

Puis, l'orchestre joua la marche triomphale de Foroni. Pendant cela, Leurs Majestés et les autres hautes personnalités quittèrent la salle.

Sa Majesté la Reine et la Princesse Royale retournaient à cinq heures et demie à Stockholm, alors que le Roi, le Prince Royal et le Prince Charles, qui avaient accepté une invitation au banquet donné par la Société, restèrent à Upsala.

Le Banquet.

Le banquet auquel prirent part environ 70 personnes fut servi à »Upsala Gille».

Pendant ce dîner, plusieurs toasts furent portés. M. le PRÉSIDENT prit la parole, et dit:

Sire,

Avec la gracieuse permission de Votre Majesté, je vais renouveler ici, dans ce cercle plus intime, l'hommage qui tout à l'heure s'élevait dans le grand amphithéâtre de cette vénérable Université, où se pressait une assistance si nombreuse. Aujourd'hui, ce n'est pas le souverain constamment préoccupé du bonheur de son peuple que nous acclamons en premier lieu. Nos pensées, en effet, vont tout d'abord au digne héritier des traditions de notre dynastie, qui a toujours eu pour la science, comme pour la littérature, l'intérêt le plus vif, au prince, enfin, qui suivit autrefois les cours de cette Université, qui philospha et qui chanta en véritable *liber studiosus*, et dont l'amour fidèle pour notre ville universitaire s'est manifesté si souvent, et notamment à l'égard de notre société. Je me fais l'interprète de la Société des sciences en exprimant à Votre Majesté nos sentiments de profonde gratitude pour de longues années, comme pour ce jour.

Vive Sa Majesté le Roi!

Les convives ayant bu à la santé de Sa Majesté, M. HAMMAR-SKJÖLD continua:

Grâce à l'autorisation de Sa Majesté, j'ai l'insigne honneur de porter un toast à Ceux d'entre les Membres de la Famille Royale qui ont daigné, avec Sa Majesté le Roi, apporter l'éclat de Leur auguste présence à notre fête commémorative.

Vive Sa Majesté la Reine, et vivent Leurs Altesses Royales le Prince Royal, la Princesse Royale et le Prince Charles.

A ces toasts, SA MAJESTÉ LE ROI répondit dans les termes suivants:

Pour les toasts qu'on vient de porter en mon honneur comme en celui de ma Famille, je tiens à exprimer ici ma cordiale et chaleureuse gratitude. Je me suis fait déjà l'interprète aujourd'hui de mes sentiments pour la Société des sciences d'Upsala. Je puis donc me borner à présent à souhaiter à la Société une existence heureuse pendant son troisième siècle, et à lever mon verre à la prospérité de la Société des sciences d'Upsala.

Sur ce, M. HAMMARSTEN porta un toast aux personnes spécialement invitées à la fête:

Sire,

Altesses Royales,

Messieurs,

La Société Royale des sciences sollicite la faveur de souhaiter cordialement la bienvenue à tous ses invités ici présents à qui nous n'avons pu encore, comme nous l'avons fait pour les Membres de la Famille Royale, adresser spécialement la parole. Notre société tient tout d'abord à saluer les deux membres du conseil du Roi qui ont bien voulu honorer cette fête de leur présence, savoir Son Excellence M. Lindman, ministre d'État et M. le ministre Lindström. Mais, ces paroles de bienvenue vont en même temps à chacun de vous. Elles sont, en effet, l'expression de la reconnaissance et de la joie que nous éprouvons du fait que vous avez bien voulu, par sympathie pour notre Société et pour ses travaux, l'honorer aujourd'hui de votre présence et participer ainsi à la célébration de son bicentenaire. Ce sont, certes, là les sentiments de reconnaissance et de joie que la Société désire manifester par le toast que j'ai l'honneur de porter, avec l'autorisation de Sa Majesté et au nom de la Société, à tous nos illustres invités.

Le premier ministre, M. LINDMAN, répondit en ces termes :

Sire,

C'est à moi qu'incombe la glorieuse mission de présenter à nos hôtes les remerciements des invités pour le toast qui vient de leur être porté, de même que l'expression de leur gratitude pour l'honneur qui leur a été fait d'assister à cette fête mémorable.

Puisque nous nous trouvons dans ce célèbre sanctuaire de l'érudition, sur le sol classique de la science, il est assez naturel que notre attention se reporte un moment sur ce qui fait à la fois le but et la raison d'être de cette société savante, c. à. d. la science suédoise.

Ses titres de gloire datent de plusieurs siècles. Les méthodes et les formes, il est vrai, varient suivant les époques ; reste seul immuable, à travers les âges, le but qui consiste à établir, sans autre préoccupation que celle imposée par la vérité, les rapports existant entre le monde intellectuel et le monde matériel.

Nombreux sont les enfants de notre pays qui ont contribué à défricher l'âpre champ de la science, et qui se sont acquis de ce fait une gloire universelle. Mais n'oublions pas, à côté de ceux-là, les savants moins connus qui, avec le même zèle et la même conscience, se sont consacrés au service de la science. Le résultat de leurs travaux a servi de base aux recherches des générations suivantes, tout comme l'épi mûr fournit la semence des moissons à venir.

Ce que, après épreuve, on a reconnu être de bon aloi, profite à un chacun, mais peu nombreux sont ceux qui, par la suite, songent à la somme des efforts qu'a exigés ce résultat.

Il s'agit pour vous, Messieurs les savants, non pas de tirer de vos recherches, une érudition stérile, mais d'en faire jaillir une flamme qui éclaire notre peuple tout entier, et dont les rayons puissent pénétrer jusqu'aux derniers confins de notre pays. C'est à vous, Messieurs, qu'incombe la noble tâche de pousser toujours plus avant les études scientifiques, de vous consacrer à telle branche de la science qui convient le mieux à l'individualité et au tempérament de chacun d'entre vous, et, en même temps, de faire profiter le peuple suédois du fruit de vos travaux. Puisse donc ce peuple toujours apprécier comme il convient les recherches scientifiques suédoises, et puissent aussi ces dernières tendre toujours à s'enrichir de conquêtes nouvelles.

Avec la gracieuse autorisation de Sa Majesté le Roi, j'ai l'honneur de lever mon verre à la prospérité de la science suédoise.

Finalement, le secrétaire perpétuel de la Société, M. DUNÉR, prononça le discours suivant:

Sire,
Altesses Royales,
Messieurs,

Lorsqu'on est arrivé au terme d'une des grandes étapes de sa vie, on a coutume de convier ses parents et ses amis à se réjouir avec vous en évoquant le souvenir des années révolues, alors même que l'existence vous a paru parfois plus ou moins assombrie.

La Société des sciences, qui commémore aujourd'hui l'anniversaire de sa fondation au mois de novembre 1710, aurait aimé à pouvoir se conformer à cet usage. Il lui a été toutefois impossible d'y songer seulement, car la famille dont elle fait partie se nomme *Académies et sociétés savantes*. Elle est dispersée dans tous les pays, dans toutes les parties du monde; et sans tenir compte des sympathies ou des antipathies nationales, tous les membres de cette famille s'unissent dans un commun et pacifique effort, en vue de trouver une réponse à cette grande question: »Qu'est-ce què la vérité?»

Étant donné, toutefois, que, par suite du grand nombre de ces institutions savantes, on a dû réduire considérablement le chiffre des invitations à la cérémonie d'aujourd'hui, la Société a dû se borner à ne convier que des sociétés savantes *suédoises*, et, de ce nombre, celles qui s'intéressent à l'un quelconque ou à plusieurs des sujets dont s'est occupée ou dont s'occupe encore la Société elle-même.

Telle est l'*Académie suédoise*. Sans tenir compte, en effet, du travail consacré à d'autres questions concernant la conservation et la pureté de notre langue maternelle, comme celles qui ont trait à sa grammaire, à son orthographe, etc., notre société entreprit, dans la première moitié du XVIII^e siècle, la rédaction d'un dictionnaire de la langue suédoise. Il n'est pas jusqu'aux éloges académiques et à la poésie qui n'aient fait l'objet de ses préoccupations.

Autres sont: l'*Académie des belles-lettres, de l'histoire et des antiquités*, la *Société des sciences et des belles-lettres de Gothembourg* et la *Société des humanités d'Upsala*. Notre Société, en effet, possède encore aujourd'hui une section historico-archéologique, et l'on voit figurer de

bonne heure, dans ses *Acta*, des études sur l'histoire, l'archéologie, la numismatique et les inscriptions runiques.

Qu'il y ait également de l'affinité entre *l'Académie d'agriculture* et notre Société, c'est ce qui ressort du fait que nos statuts de 1728 mentionnent expressément, parmi les travaux de la Société, les questions se rapportant à la culture et à la l'économie rurale du pays.

A peine est-il besoin de faire ressortir que *l'Académie des sciences*, la *Société physiographique* et la *Société des sciences* sont des sociétés sœurs. Les domaines de leurs investigations sont, en effet, presque identiques.

Il est tout naturel qu'au moment où ont été lancées nos invitations à cette cérémonie, nos pensées soient allées à toutes ces sociétés apparentées à la nôtre.

Il est tout aussi naturel que nous ayons adressé également nos invitations aux grandes institutions sans lesquelles il n'y aurait eu, dans notre pays, ni culture scientifique, ni sociétés savantes: c. à. d. aux *Universités d'Upsala et de Lund*, à *l'Institut Carolin*, à *l'Ecole des hautes études techniques*, ainsi qu'aux *Ecoles de hautes études de Stockholm et de Gothembourg*. A plus forte raison en est-il ainsi, puisque nous autres membres de la Société faisons partie ou avons fait partie, en qualité de professeurs, de l'une quelconque d'entre ces institutions.

Notre Société entretient surtout des relations cordiales avec l'Université d'Upsala. C'est pourquoi il nous a été particulièrement agréable de pouvoir célébrer notre bicentenaire dans le grand amphithéâtre de l'Université, magnifiquement paré pour cette fête, et où une foule d'aimables souvenirs nous accueillent dès notre entrée.

Au nom de la Société des sciences, je remercie du fond du cœur toutes les Sociétés savantes et toutes les Ecoles de hautes études surnommées pour l'honneur qu'elles ont bien voulu nous faire en envoyant des délégués à cette cérémonie, en vue de participer à la joie que nous ressentons du fait qu'il nous a été donné de diriger notre barque à travers une mer démontée et sous un ciel nuageux au début, pour l'amener enfin dans les eaux relativement calmes où nous voguons aujourd'hui.

Je remercie encore ces mêmes institutions, ainsi que les sociétés savantes, les universités et les membres *étrangers* de la Société, pour les nombreuses autres preuves d'estime et d'amitié qu'il nous a été donné de recueillir aujourd'hui.

Je vous demande enfin, à vous, Messieurs les délégués des Sociétés savantes, et des Ecoles de hautes études, de bien vouloir vous

faire les interprètes des sentiments que je viens d'exprimer à votre égard, lorsque vous vous trouverez de nouveau parmi ceux qui vous ont envoyés auprès de nous.

Avec la gracieuse autorisation de Sa Majesté le Roi, j'ai l'honneur de porter un toast à la prospérité des Sociétés savantes, des Ecoles de hautes études et des Membres étrangers de notre Société qui ont bien voulu l'honorer aujourd'hui à un titre quelconque, et contribuer ainsi à rehausser l'éclat de son jubilé.

M. MONTELIUS répondit au nom des représentants:

Sire,
Altesses Royales,
Messieurs,

Je sollicite la faveur d'exprimer ici tous mes remerciements pour le toast qui vient d'être porté aux Académies et aux Écoles de hautes études.

Il est naturel que, dans une circonstance telle que celle-ci, le regard se reporte à deux siècles en arrière, c'est-à-dire à l'époque où commença l'existence de la Société des sciences. Magnifiques sont les conquêtes faites depuis lors dans le domaine de la science, et plusieurs d'entre les hommes dont les noms appartiennent à la Société des sciences, ont contribué d'une façon efficace à augmenter le savoir humain sur tous les points, et, notamment, sur ceux où l'on se propose de pénétrer plus avant dans les secrets de la nature et dans les lois qui régissent les destinées du monde.

On a attiré plus d'une fois l'attention sur ce fait qu'il existe une certaine ressemblance entre notre époque et celle de la Renaissance et de la Réforme, avant nos jours. Alors, comme aujourd'hui, on venait de faire de grandes découvertes: le savoir de l'humanité s'était accru, en même temps que son regard embrassait des horizons plus vastes.

Mais il est aussi des points sur lesquels ces deux époques diffèrent entre elles.

Alors, on s'aperçut que la terre était plus grande qu'on ne l'avait cru à l'époque où le Nouveau-Monde était encore inconnu. Or, de nos jours, on a constaté que la terre est moins grande qu'on ne

l'a supposé pendant longtemps. C'est qu'on a réduit les distances entre les différents pays.

Alors, on fit cette découverte que la terre n'est pas, comme on l'avait présumé auparavant, le centre de l'univers, mais qu'elle gravite autour du soleil. Et voilà qu'à présent on a trouvé que le soleil, loin d'être le centre de l'univers, n'est qu'un de ces innombrables soleils qui se meuvent dans l'espace, et que, par conséquent, la terre n'est qu'un atome dans cette immensité.

Alors, comme de nos jours, on modifia sa conception du monde dans lequel nous vivons, en même temps que surgirent des idées nouvelles sur la situation de l'homme.

Autrefois, lorsqu'on croyait que notre globe était le centre de l'univers, le seigneur de la terre, l'homme, était regardé presque comme l'égal des dieux. Un homme d'ici-bas pouvait avoir pour épouse une déesse, de même qu'une femme pouvait s'unir à un dieu et donner naissance à un autre dieu. De nos jours, enfin, on sait que ce ne sont pas les dieux qui ont créé l'homme à leur image, mais que c'est au contraire l'homme qui a formé les dieux à la sienne.

Mais ce n'est pas seulement la conception du rapport entre l'homme et l'univers qui a changé. C'est qu'en effet l'idée du rapport entre les peuples, comme entre les hommes appartenant au même peuple, est devenue, elle aussi, autre qu'elle n'était auparavant.

Le résultat des grandes conquêtes faites par la science au cours des deux derniers siècles, c. à. d., en d'autres termes, le résultat du travail — passé souvent inaperçu — accompli par les savants dans leur cabinet silencieux, a été une révolution complète des idées qui régissent notre existence.

La tâche qui nous incombe à présent est de veiller à ce que les changements inévitables se produisent par une évolution graduelle, et non par une transformation violente qui risquerait de faire crouler tout l'édifice.

Notre tâche est de nous efforcer de résoudre d'une façon heureuse pour le genre humain tout entier, les nombreux et difficiles problèmes que nous rencontrons dans les divers domaines scientifique, politique, religieux et social.

Le grand problème qui consiste à faire de la terre, au profit de toute l'humanité, un séjour meilleur qu'il ne l'a été jusqu'à présent, se pose comme un devoir qui nous est commun à tous, et qui incombe

peut-être avant tout aux Académies et aux Universités, en Suède comme à l'étranger.

Laissons pour ce qu'il vaut le récit de l'Ancien Testament relativement à la création du monde. Mais retenons du Nouveau Testament le Sermon sur la Montagne et suivons-en les préceptes, de façon à en faire la règle de notre vie.

Lorsque nous parlons de tâches incombant aux universités, il faut nous rappeler que ces tâches ne s'imposent pas seulement aux professeurs, mais encore aux étudiants. C'est à ceux-ci qu'il appartiendra de reprendre notre tâche à l'endroit où nous l'aurons laissée : ce sont eux qui devront faire en sorte que l'avenir soit ce qu'il doit être. Ce sont les étudiants d'aujourd'hui qui célébreront un jour le 250^e anniversaire de la fondation de la Société des sciences. Je lève mon verre en l'honneur des étudiants, en l'honneur de la jeunesse qui recueillera un jour notre héritage.

A neuf heures du soir, Sa Majesté le Roi et les Princes Royaux se rendirent à la gare, pour retourner à Stockholm. La fête était terminée.

En évoquant le souvenir des événements qui marquèrent ce jour mémorable, la Société éprouve une profonde reconnaissance pour les preuves nombreuses de haute faveur, de bienveillance et d'estime dont elle a été l'objet.

En première ligne, l'expression de ces sentiments s'adresse à Sa Majesté le Roi, Auguste Protecteur de la Société, qui en sa qualité de *Præses Illustris* a daigné non seulement assister au bicentenaire de la Société, mais encore y prendre une part aussi marquée. La Société présente également à sa Majesté la Reine l'assurance de son humble gratitude pour l'insigne honneur qu'Elle a bien voulu faire à la Société en venant à sa fête.

Elle exprime en outre sa vive reconnaissance à Leurs Altesses Royales, le Prince Royal et la Princesse, son épouse, au Duc de Vestrogothie, aux autres personnalités illustres, aux académies, universités et hautes écoles suédoises, pour avoir bien voulu accepter l'invitation d'assister au bicentenaire et avoir honoré la Société soit par leur présence, soit par la délégation de représentants et l'envoi d'adresses de sympathie. Elle remercie tout spécialement l'Université d'Up-

sala du concours actif qu'elle lui a apporté. Elle sait bon gré enfin aux académies, aux universités et aux membres étrangers de la Société qui lui ont envoyé des félicitations soit sous forme de télégrammes, de lettres ou de volumes spécialement adressés à elle. Ces marques d'estime et d'intérêt lui sont d'autant plus précieuses, qu'elles sont venues spontanément et bien que la Société n'ait pu envoyer à ces corps savants ou à ces personnalités des invitations pour prendre part à sa fête.

Le second siècle de l'existence de la Société Royale des Sciences d'Upsala est terminé. La façon dont le troisième a commencé, permet d'espérer, pour la Société, un avenir heureux et prospère.

Il a été mentionné ci-dessus à la p. 3, que la Société des sciences avait résolu de publier, à l'occasion de son bicentenaire, un ouvrage commémoratif. Cet ouvrage, imprimé en suédois, est intitulé :

Kungliga Vetenskaps Societetens i Upsala

Tvåhundraårsminne MCMX

I. N. C. DUNÉR. Minnesskrift vid Tvåhundraårsfesten d. 19 November 1910.

II. Protokoll af 1711 och Stadgar af 1719 och 1728.

III. DÆDALUS HYPERBOREUS. Facsimile.

A l'occasion du bicentenaire et avant le commencement de la séance solennelle dans la grande salle de l'université, des exemplaires du poème inséré page 33, furent distribués au nom de la Société à tous ceux qui y étaient présents. A peine est-il besoin de dire que nous n'avons pu en donner une traduction, pas plus que des adresses etc. contenues dans l'appendice.

Vid

K. Vetenskaps Societetens i Upsala

Tvåhundraårsfest

Den 19 November 1910.

Fosterlandet ligger blodbestänkt,
djupt i armod och i sorg försänkt.
Vid kanoners dånen ifrån Pultava
nyss det måst sin storhetstid begrafva;
och från Söder än och ifrån Öster
ljuda hotfullt krigets vilda röster,
eka stridens åskor mot vår strand.
Fyrisstaden härjad är af brand,
svarta stå den gamla domens murar,
hungersnöd på hvarje tröskel lurar,
mörkt och tungt är allt, och hvarje hjärta
får sin del af fosterlandets smärta.

* * *

Men ej nog med krig och lågor;
fruktansvärd ännu en gäst
smyger öfver östervågor,
en, hvars hemska namn är Pest!

Lömsk han re'n vår strand bestiger,
höljd i svart och dyster skrud.
Allt till nöd och sorg han viger,
allt förkrossar med sitt bud.

Åldringen, af åren härjad,
faller hastigt för hans glaf,
kind af ungdoms rosor färgad,
bäddas, blek, i tidig graf.

Söner rycker han från fäder,
sopar hela slægter bort.
Öfver landsbygd, öfver städer
är han herre inom kort.

Fåfängt, fåfängt är att strida,
hans är segern dag på dag.
Intet annat gifs än bida
dådlös ödets hårda slag.

* *

*

Dock, i allvarstunga stunder
än i Odins gamla lunder
tappra männer stå på vakt.
Trofast de vid lärdomshärden
vårda lifvets bästa värden,
hålla modet än vid makt.

Här ett fast förbund de knyta
sannings malm att samfäldt bryta,
sökt med forsknings grufkompass.
Så ur spillrorna och gruset
står bland grafvar fram i ljuset
Regia Societas.

* *

*

Men nöd och tårar skänka kraftig sáf,
och, närd af allt, hvad ypperst tiden gaf,
hon växte se'n sig stark och framåt gick
med dristig håg, med ständigt vidgad blick.

Och medan sekel efter sekel skred,
 hon samlat rika minnen på sin led.
 Der ses Linné, i blomsterkransar höljd,
 af världens undran och beundran följd,
 Benzeliuss tydande i vittert lag
 mång dunkel forntidsskrift i klara drag
 och Torbern Bergman, öfver degeln böjd.
 Och Polhem, mästarn i mekanisk slöjd,
 i djärfva planer med Kung Carol släkt,
 bland Trollhättssklippor bryter vägar käckt.
 Men upphöjd öfver jordens fröjd och sorg
 till andestämmor lyssnar Swedenborg
 och med sitt snilles drömmar brygger slår
 ifrån sin varselfyllda tid till vår. —
 Ja mångens namn emot oss strålar där,
 som ännu fosterlandets stolthet är.

Och nu i tredje seklets morgonväkt,
 i krets af nya tiders unga släkt,
 vårt samfund står så starkt, som förr det stod,
 och blickar framåt fullt af hopp och mod.

* *

Skynd af mörker är dock framtids dag.
 Kommer den som sol i ljusa vårar,
 kommer den som kulen höst med tårar?
 Ännu ingen skymtat har dess drag. —
 Intet jordiskt äger starka fästen:
 stolta slott så lätt som sparfvars nästen
 sopas bort af stormens vingeslag.
 Intet jordiskt ändock är så ringa,
 att det icke mäktar tanken tvinga
 till att forska i dess väsens lag.

* *

Derför, hur vår framtid än sig ter,
öppna för oss ligga forskningslanden;
inga bojor binda menskoanden,
härligt är det mål, han för sig ser.

Invid fjärran horisonters bryn
ständigt Sanning allvarshög och fager,
lyst af evighetens morgondager,
genom sekler hägrat för hans syn.

Allt hvad ljust en tänkarblick förnam,
allt hvad högt ett forskaröga spanat,
allt hvad djupt en siardröm har anat,
fört ett steg mot målet honom fram.

Utan rast och hvila skall han gå,
aldrig skall hans djupa längtan vika
att en gång i Sannings gård den rika
ljusomstrålad få med jubel stå.

* *

*

Så, vårt samfund, gå med mod framåt,
följdt af dina stolta minnens skara!
För mot öden än så underbara,
för mot ljuset dock alltjämt din stråt!

APPENDICE.

- I. Adresses et écrits, présentés au bicentenaire par MM. les délégués des académies, des sociétés savantes, des universités et des écoles des hautes études.
 - II. Volume envoyé par M. H. Kronecker.
 - III. Télégrammes.
-

I.

1. *Adresse de la Société des Sciences
et des Belles-Lettres de Gothembourg.*

Till

KUNGL. VETENSKAPS-SOCIETETEN I UPPSALA

GÖTEBORGS KUNGL. VETENSKAPS- OCH VITTERHETSSAMHÄLLE
frambär med känslor af vördnad och tacksamhet sina lyckönskningar
till dagens betydelsefulla 200-årsminne.

När tanken går tillbaka till den tid, då Vetenskaps-Societeten
grundades, finner den vårt land inför undergången och vårt folk för-
sänkt i nöd. Men de män, som år 1710 i Uppsala slöto sig samman,
nöjde sig ej med dådlös veklagan, de sago ännu ljusa framtidsbilder,
om än på nya områden, och gäfvö oss därmed ett föredöme, som vi
ännu i tacksamhet minnas.

Under tvänne sekler har Kungl. Vetenskaps-Societeten verkat
till vetenskapens utveckling och fosterlandets ära, ej blott genom be-
fruktande uppslag och viktiga insatser i detaljforskningen utan ock
genom sin målmedvetenhet och sin höga uppfattning af vetenskapens
storhet. Med uppriktig beundran bringar därför Kungl. Vetenskaps-
och Vitterhets-Samhället i dag sin hyllning åt sitt äldsta systersällskap.

Göteborg den 19 November 1910.

På K. Samhällets vägnar:

Johan Ambrosius

Ordförande.

O. Nordenskjöld

Sekreterare.

2. *Adresse de l'École des Hautes
Etudes de Gothembourg.*

Till

KUNGL. VETENSKAPS-SOCIETETEN I UPSALA.

När GÖTEBORGS HÖGSKOLA på Kungl. Vetenskaps-societetens 200-årsdag frambär sina lyckönskningar, känner den lifligt betydelsen af de stora minnen, som detta berömda sällskap eger och som minnesfesten är egnad att göra mera lefvande för vart folks medvetande än vanligt. En lysande följd af stora namn inom den svenska vetenskapens historia ända från Erik Benzeliuss och Emanuel Swedenborgs dagar till våra egna möter oss i Societetens häfder och vittnar om den betydelsefulla ställning, som detta Sveriges äldsta nu bestående vetenskapliga samfund intagit i vårt lands odlingslif. Särskildt för Göteborgs unga högskola, som ännu har att skapa sina traditioner, te sig dessa gamla och stolta minnen såsom ett dyrbart företräde, ett vördnadsvärdt kulturarf, till hvars förvaltande och förkofran i fosterlandets tjänst den varmt önskar Societeten framgång. På samma gång vill Högskolan till Kungl. Vetenskaps-societeten uttala sin förhoppning om fruktbringande samverkan i arbetet för den svenska vetenskapens framtid.

Å Göteborgs Högskolas vägnar och å dess uppdrag:

Ludvig Stavenow.

(Sig.)

3. *Adresse de l'Université de Lund*

Till

KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN

UPPSALA.

LUNDS UNIVERSITET frambär härmed till Societeten sin lyckönskan till dess tvåhundraåriga tillvaro under en för vetenskapens framsteg och för vårt land fruktbringande verksamhet.

Det var hårda tider för Sveriges land då detta samfund stiftades. Krigsolyckorna hade bragt fangenskap och död utom landets gränser för tusenden tappra svenska män och tusenden träffades inom landet af pästangelns härjande svärd. — Men svar nöd skapar ofta mäktiga tankar och kraftiga karaktärer. Det visa ej minst de vetenskapsmän, som den 19 november 1710 slöto sig samman med storlaget syfte att genom vetenskapliga arbeten och med deras praktiska tillämpning hålla uppe och högre lyfta ett vacklande älskadt fosterland. — Må dessa mäns stora gärning, Edert Regia Societas scientiarum lefva med oförändrad kraft i vetenskapens tjänst till fromma och ära för Uppsala universitet, under hvars hägn det frodats!

Lund i November 1910.

Å K. Universitetets i Lund vägnar:

B. Jönsson

Rektor.

Otto Ernberg.

4. *Adresse de la Société
Physiographique de Lund.*

Till

KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN I UPSALA

PÅ DESS 200-ÅRS DAG

DEN 19 NOVEMBER 1910.

TVÅ ÅRHUNDRADEN ha gått till ända, sedan Eder verksamhet först tog sin början. Det var i en tid, som för vårt folk var en af de stora motgångarnes tid, en stormig och en dyster tid, då utanför landets gränser kriget hade förödt det bästa af landets kraft och inom landet farsot och brist skördat mångtaliga offer. Omsider lade sig dock den värsta stormen, och inom en trängre ram utvecklades åter ett ordnad och fruktbringande arbete, tack vare de män, som i vår största nöd genom sin hänförelse ingöto nytt lif i hvad som var nära att förtvina. Edert samfunds stiftare, **ERIC BENZELIUS D. Y.**, var en af dessa män; hans hjärta var så fullt af kärleken till fäderneslandet, att hans hela lifsgärning därpå fick en prägel af oförgänglighet, och till ett af redskapen för fäderneslandets upprättelse ville han dana Eder. Hell honom därför och hell de män, som i dessa olyckstider trädde till hans sida! Af honom och af dem han I lärt Eder att triumfera öfver vedermodorna, och den ädla verksamhet, som I fått Eder föreskrifven, har också burit härlig frukt till vetenskapens och till vårt lands ära. I första hand hafva Edra skrifter tjänat detta ändamål, men äfven på många andra sätt han I adagalagt Eder omvårdnad om forskningen. I utgören det äldsta lärda samfundet i vårt land och väsentligen äfven det mönster, som vi sökt och söka att efterlikna. Af Eder verksamhet i de gångna tiderna njuta också vi en vinst, och vi äro Eder härför djupt tacksamma. Vår hälsning till Eder denna dag är oss äfven förestafvad af denna vår tacksamhet jämte vår beundran för hvad I han uträttat och af våra innersta önskningar om en fortsatt ärofull och ljus framtid för Eder.

Lund i November 1910.

På Kungl. Fysiografiska Sällskapets vägnar:

Sv. Murbeck.

Ordförande.

A. V. Bäcklund.

Sekreterare.

5. *Adresse de l'Académie Suédoise.*

Till

K. VETENSKAPS SOCIETETEN.

Två arhundraden hafva förgått, sedan grunden lades till Sveriges första vetenskapliga samfund. Det bar ej då samma namn som nu, men den nuvarande frejdade bildningsanstalten har dock sitt ursprung i den krets, som år 1710 sammanknöts af den lärde Benzelius.

Det ligger ett bevis på nästan underbar nordmannakraft i företaget att stifta ett förbund för strängt vetenskapliga arbeten under en tid, da Sveriges stormaktsställning nyss krossats, da dess hjältekonung var i fjärran land och riket ansattes af fiender på skilda håll samt dessutom af en svår farsot.

Men den karolinska styrkan, länge fruktad på slagfälten, visade samma seghet i lärda mödor. De matematiska studierna, som ej voro konung Carl främmande, fingo jämte naturkunnigheten en härd i Upsalasamfundet, och om våra kanoners skott talat sitt stolta språk i Europa, så fick man nu vid Sveriges äldsta lärosäte höra Polhammars anmärkningar om »skott och båglinier».

Stora anor i en heroisk tid äger Vetenskaps societeten. Men stora anor medföra stort ansvar och stora förpliktelser. På lysande sätt hafva dessa pligter fyllts af det ärofulla samfund, som nu blickar tillbaka på tvenne sekels gagnande verksamhet.

Svenska Akademien, som bland sina ledamöter räknat så många af Upsala lärosätes stormän, bringar K. Vetenskaps Societeten sina bästa lyckönskningar på denna dess jubelhögtid under viss förhoppning, att K. Societeten under manga stundande tidsåldrar skall, sasom hittills, vara en prydnad för vårt land och högt bära sanningens aldrig slocknande fackla.

Stockholm den 19 november 1910.

A Svenska Akademiens vägnar:

E. A. Karlfeldt

Akademiens n. v. Kansler.

C. D. af Wirsén.

6. *Adresse de l'Académie des Sciences.*

Till

KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN

I UPPSALA.

Under för vårt land bekymmersamma yttre och inre förhållanden sammanträdde 1710 i Uppsala några för vetenskap lifligt intresserade män och lade grunden till Edert vetenskapssamfund, det äldsta i vårt land och i hela den skandinaviska norden.

Under växlande öden har Vetenskaps societeten sedermera städse varit ett stöd för svensk vetenskaplig forskning och genom talrika skrifter gjort sitt namn högt aktadt inom hela den vetenskapliga världen.

Då I nu firen tvåhundraårig tillvaro, framför K. Vetenskapsakademien till Eder sin varma tacksägelse för mångårigt samarbete och förhoppningsfulla välönskningar till en lysande och betydelsefull framtida verksamhet i fäderneslandets och forskningens tjänst.

Stockholm den 19 november 1910.

På K. Vetenskapsakademiens vägnar

Oscar Montelius.

Chr. Aurivillius.
(Sig.)

7. *Volume présenté par
l'Académie des Sciences.
I. Dédicace.*

TILL

KUNGL. VETENSKAPS-
SOCIETETEN

I

UPPSALA

MED ANLEDNING AF

DESS 200-ÅRSJUBILEUM

OCH

AFTÄCKANDET AF SWEDENBORGS SARKOFAG

I UPPSALA DOMKYRKA

DEN 19 NOVEMBER 1910

FRÅN

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN.

7. *Volume présenté par*
l'Académie des Sciences.
II. *Titre du Mémoire.*

EMANUELIS SWEDENBORGII

ITINERARIA

RESEBESKRIFNINGAR

AF

EMANUEL SWEDENBORG

UNDER ÄREN

1710—1739

UTGIFNA AF

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

DEN 19 NOVEMBER 1910

. Adresse de l'Académie des Belles-Lettres,
des Sciences Historiques et des Antiquités.

Till

KUNGL. VETENSKAPS SOCIETETEN

I UPPSALA.

Året efter det, då nederlaget vid Pultava gjort slut på Sveriges ställning som stormakt inom den politiska världen, lades grunden till det äldsta af de lärda samfund, som kraftigt bidragit till att vårt land inom den vetenskapliga världen nu intager en aktad plats.

Ett märkligt bevis på det svenska folkets sega kraft är, att detta samfund begynte sin verksamhet på en tid, då våra fäder utkämpade en förtviflad kamp mot fiender, som från alla håll anföllo dem, på en tid, då pestens fador ökat de lidanden, långa, olyckliga krig orsakat.

Under de två århundraden, som sedan dess förflutit, har Kungl. Vetenskaps Societetens namn blifvit känt och aktadt långt utom Sveriges gränser.

Det första numret af detta sällskaps berömda »Acta» börjar med att göra redo för ett arbete om svenska fornminnen, och Kungl. Vetenskaps Societeten har under hela sin tillvaro visat samma nit att belysa fäderneslandets häfder som att utforska naturens lagar.

Tacksamt erkännande betydelsen af Kungl. Vetenskaps Societetens arbete äfven på det historiska området, uttalar Kungl. Vitterhets-, Historie- och Antiquitets Akademien den förhoppning, att Kungl. Vetenskaps Societeten måtte under det nya sekel, hvilket nu börjar, med samma framgang som hittills fortsätta sitt arbete till gagn för vetenskapen och till heder för vårt land.

Stockholm den 1 november 1910.

Ivar Afzelius.

Oscar Montelius.

9. *Adresse de l'Académie d'Agriculture.*

DÅ KUNGLIGA VETENSKAPS SOCIETETEN I UPSALA högtidlig-
håller det tvåhundraåriga minnet af sin stiftelse, får Kungl. Landtbruks
Akademien under tacksam erinran därom, att Societeten till sin upp-
gift haft äfven den forskning, som djupast ligger till grund för landt-
bruksekonomiens utveckling, frambära uppriktiga lyckönskningar till
Societetens lysande och på gediget vetenskapligt arbete rika verksam-
het under de gångna två århundradena samt en tillönskan om fort-
satt framgångsrikt arbete till fäderneslandets gagn och ära.

Stockholm den 19 november 1910.

Å Kungl. Landtbruks Akademiens vägnar

Chr. Lundeberg.

H. Juhlin Dannfelt.

10. *Adresse de l'Institut Carolin
à Stockholm.*

Till

KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN
I UPPSALA

framför

KAROLINSKA MEDIKO-KIRURGISKA
INSTITUTET

sin värdsamma lyckönskan.

Män sådana som ERIC BENZELIUS, CHRISTOFER POLHEM, EMANUEL SWEDENBORG och CARL VON LINNÉ gäfvö SOCIETETEN dess upphof och första utveckling. Deras anda har besjälat SOCIETETEN. Från begynnelsen och allt sedermera har SOCIETETEN framgångsrikt och på ett för fäderneslandet hedrande sätt vårdat vetenskapernas utveckling och förkofran.

SOCIETETEN kan nu blicka tillbaka på två sekler af lyckosam och ärofull verksamhet. Må SOCIETETEN i den kommande tiden gå en lika kraftig och ärorik utveckling till mötes.

Stockholm den 19 november 1910.

Å Karolinska Mediko-Kirurgiska Institutets
vägnar:

K. A. H. Mörner
Rektor.

S. Wåhlén,
Sekreterare.

11. *Adresse de l'École des Hautes
Études Techniques à Stockholm.*

TILL KUNGL.
VETENSKAPS SOCIETETEN
I UPSALA
PÅ DESS TVÅHUNDRAÅRSFEST.

KUNGL. TEKNISKA HÖGSKOLAN anhåller att vid detta högtidliga tillfälle få framföra sin varmaste lyckönskan.

Många och stora äro de namn, som förbinda KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN med de tekniska vetenskaperna, och lika många och lika stora äro de anledningar, som dessa vetenskapers målsmän och utöfvare hafva till tacksamhet mot detta vörnadsvärda och lysande sällskap. Med tanken fästad på den samverkan, som gjort och gör sig allt mera gällande emellan den forskande vetenskapen och tekniken, finner sig TEKNISKA HÖGSKOLAN manad icke blott att frambära sin gärd af tacksamhet och beundran för de insatser i arbetet på kulturens fält, som KUNGL. VETENSKAPSSOCIETETEN gjort i sekler, som flytt, utan äfven att uttala sina förhoppningar om gemensamma framgångsrika sträfvanden för fäderneslandets och mensklighetens väl i tider som komma.

Stockholm den 19 November 1910.

Å Kungl. Tekniska Högskolans vägnar.

C. J. Magnell

Högskolans Rektor.

(Sig.)

12. *Adresse de l'École des Hautes
Études de Stockholm.*

Till

KUNGL. VETENSKAPS SOCIETETEN

I UPPSALA

VID DESS 200-ÅRS FEST.

Det frejdade Samfund, som först af alla i Norden banade väg för vetenskaplig samverkan till kraftigt stöd för vetenskaplig forskning i vårt land, bringar Stockholms Högskola sin värdsamma och hjärtliga hyllning.

Må den storslagna anda, som midt under ofredens och farans dagar djärfdes planlägga och utföra vidtomfattande stordåd inom forskningens värld, alltid ibland oss kvarleva.

Må det föredöme till enig samverkan, som gafs redan vid en tid, då det dock ännu var möjligt för en Rudbeck, en Swedenborg, en Linné att beherrska hela sin samtids vetande, i vara dagar, då vetenskapens landvinningar åt alla håll tillvuxit så oerhördt utöfver den enskildes räckvidd, till sin fulla betydelse uppskattas och följas.

Må våra stora minnen allt framgent mana till handlingar, som äro dem och vårt land fullt värdiga.

Stockholm den 19 november 1910.

Från Stockholms Högskola

genom

Gerard De Geer

Rektor.

(Sig.)

13. *Adresse et Volume présenté
par l'Université d'Upsala.*

1. *Dédicace.*

TILL
KUNGL. VETENSKAPS-
SOCIETETEN

I

UPPSALA

VID

DESS 200-ÅRSJUBILEUM

AF

UPPSALA UNIVERSITET

DEN 19 NOVEMBER 1910.

13. *Adresse et Volume présenté
par l'Université d'Upsala.*

II. *L'adresse.*

KUNGL. VETENSKAPS SOCIETETEN, som stiftades samtidigt med det att Sveriges politiska storhetstid sjönk i grafven, vittnar icke blott om svenskens kraft under olyckans dagar, utan inleder ock nydaningens tid i vår historia. Redan från början hänvisades här på de makter, som åter skulle göra Sverige stort: vetenskapen och den af vetenskapen ledda praktiska värksamheten i industri, jordbruk och handel. Och endast några årtionden efter Pultavaslaget grydde, till en väsentlig del i följd af det ansprakslösa Uppsalasällskapets insats, en vetenskapens storhetstid för vårt land, företrädd af män som SWEDENBORG, LINNÉ, IHRE, CELSIUS och många andra. Och vid de traditioner, till hvilka grunden da lades, har Societeten under sin långa värksamhet troget fasthållit.

Uppsala Universitet har särskild anledning att i dag, då Kungl. Vetenskaps-societeten firar tvåhundraårsminnet af sin tillvaro, till Societeten frambära sina lyckönskningar, ty Universitetet ser i detta sällskap en Universitetets egen skapelse, ett barn af **Alma Mater Upsaliensis**, som gjort sin moder aktad och ärad öfver hela världen.

Måtte det band, som förenar båda, aldrig brista, och måtte **Regia Societas Scientiarum** städse gå i spetsen för vårt Universitets vetenskapliga forskning.

Uppsala den 19 November 1910.

Å Uppsala Universitets vägnar

Henrik Schück.

13. *Adresse et Volume présenté
par l'Université d'Upsala.*

III. *Titre du Mémoire.*

EMANUEL SWEDENBORG'S

INVESTIGATIONS IN NATURAL SCIENCE

AND THE BASIS FOR HIS STATE-

MENTS CONCERNING THE

FUNCTIONS OF

THE BRAIN

BY

MARTIN RAMSTRÖM.

14. *Adresse de la Société des
Sciences Humaines d'Upsala.*

I. *Titre de l'Adresse.*

REGIAE
SOCIETATI SCIENTIARUM
UPSALIENSI

S. P. D.

SOCIETAS REGIA LITTERARUM HUMANARUM
UPSALIENSIS



14. *Adresse de la Société des Sciences.*

Humanitaires d'Upsala.

II. *Texte de L'adresse.*

Festo hoc die, quo Regia Societas Scientiarum Upsaliensis in memoriam revocat primordia sua, gratulationem Vobis offerre, Viri doctissimi et illustrissimi, ante omnes decet Societatem Litterarum Humanarum Upsaliensem, Vestrae Societatis sororem minorem eiusdemque Universitatis alumnam. Ex societatibus iis, quibus in nostra patria demandata est artium litterarumque cura, nulla Vestram superat aetate, haud ferme ulla laude ac meritis. Ducenti iam praeterierunt anni, postquam regnante Carolo XII ab Erico illo Benzelio minore institutum est Collegium Curiosorum, unde originem duxit Regia Societas Scientiarum. Inter primos socios erant Elvius, Roberg, Rosenadler, Olavus Rudbeckius minor, alii, quibus mox se adiunxerunt Christophorus Polhem et Emanuel Swedenborg, viri in omne aevum memorabiles. Duorum igitur saeculorum labores indefessos et studia fructuosa Societas Vestra hodie laeta respicere potest. Per hoc tantum temporis spatium nullis unquam difficultatibus victa strenue semper et fideliter officio suo perfuncta est. Et cum nullum fere artium liberalium genus neglexit, tum praecipue curae habuit cognitionem naturae, quam multis modis adiuvit et fortiter promovit. Insigni igitur laude iamdiu floret, nec summi viri in sociorum numerum referri dedignati sunt. Quare et patriae toti et Universitati Upsalensi magno decori fuit Societas Vestra; nobis vero luculentum praebuit exemplum, quod semper intuebimur, et quoad fieri poterit imitabimur. Consentaneum igitur est, sollemnia Vestra bisaecularia nos magno studio et faustis ominibus prosequi. Peracti temporis successum Vobis congratulamur iidemque ex animi sententia optamus, ut venientia saecula non minus laeta et felicia Vobis sint quam praeterita. Vigeat semper et floreat Regia Societas Scientiarum Upsaliensis. Partam iam gloriam tueatur recentique cumulet.

Dabamus Upsaliae mense Novembri a. MCMX.

Nils Edén

Praeses.

P. Persson

A secretis.

II.

*Volume envoyé par M. H. Kronecker.
Dedicace et Titre du Mémoire.*

DER ALTBERÜHMTE
KOENIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN
ZU UPSALA
GRATULIRT VEREHRUNGSVOLL
HUGO KRONECKER
NOVEMBER
1910
HALLERIANUM

DIE ERGEBNISSE
VON
UNTERSUCHUNGEN DER ERNÄHRUNG UND ATMUNG
VON
MUSKELN UND NERVEN
IN DEN ARBEITSSTÄTTEN
VON
HUGO KRONECKER

III.

Télégrammes.

1. *De l'Académie Royale des Sciences de Prusse.*

Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Upsala.

Der fast gleichaltrigen Schwestergesellschaft sendet herzlichen Gruss zur heutigen Feier in dankbarer Würdigung des zwei Jahrhunderte hindurch für die Wissenschaft Geleisteten, und freudiger Hoffnung auf langes weiteres Gedeihen.

Die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften
Der vorsitzende Sekretar
Auwers.

2. *De la Société des Sciences Finnoise.*

Professor Dunér, Upsala.

Kongliga Vetenskaps Societeten tillönskas af dess yngre syster Finska Vetenskaps Societeten fortsatt, af framgång och ära ledsagadt arbete i sanningens och vetandets tjänst.

Å Finska Vetenskaps Societetens vägnar:

J. J. Sederholm,
Ordförande.

Anders Donner,
Sekreterare.

3. *De l'Université de Christiania.*

Kungl. Vetenskaps Societeten, Upsala.

Norges Universitet sender sin hjerteligste lyckönskning i anledning av 200-aarsjubiläet.

Brögger,
Rektor.

4. *De l'Observatoire de Pulkova.*

Professor Dunér, Upsala.

Frambär mina och observatoriets lyckönskningar.

Backlund.

5. *De M. le Professeur Liebermann, Berlin.*

Professor Dunér, Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Upsala.

Der hohen Jubilarin wünscht an Ihrem zweihundertsten Stiftungsfeste weitere Jahrhunderte erfolgreichen Gedeihens zum Heile der Wissenschaft

Liebermann.

6. *De M. le Professeur Schwarz, Berlin.*

Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Upsala.

An der Jubelfeier im Geiste theilnehmend sendet ehrerbietigen Festgruss

H. A. Schwarz.

7. *De M. le Professeur Righi, Bologna.*

Dunér, Secrétaire Société des Sciences, Upsala.

Uni par la pensée aux collègues de la Société, qui a tant contribué aux progrès scientifiques, j'exprime des vœux pour sa gloire future.

Righi.

8. *De M. le Professeur Max Planck, Halensee.*

Professor Dunér, Upsala.

An der Jubelfeier der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften nimmt mit allen Mitgliedern freudigen Anteil

Max Planck.

9. *De M. le Prof. Quincke, Heidelberg.*

K. Vetenskaps Societeten, Upsala

Mögen Sonne und Nordlicht weiter viele Jahrhunderte der ehrwürdigen Gesellschaft der Wissenschaften leuchten zu neuen Siegen in unbekannten Welten.

Georg Quincke.

10. *De M. le Prof. Kossel, Heidelberg.*

Kunl. Vetenskaps Societeten, Upsala.

Professor Albrecht Kossel bringt zum heutigen Tage die wärmsten Glückwünsche dar.

11. *De MM. Hjelt, Mechelin, Runeberg, Tigerstedt, Hausen et Schybergson, Helsingfors.*

Professor Dunér, Kongliga Vetenskaps Societeten, Upsala.

Kongliga Vetenskaps Societetens finska medlemmar deltaga från fjärran med sina tankar i firandet af Societetens bisekulärfest. Societetens stiftelse under stora ofredens tider bevisar, att de Upsaliensiska vetenskapsmännens kärlek till forskningsarbetet i sanningens tjänst var starkare än alla yttre svarigheter. Deras initiativ har fullföljts med ständigt växande krafter. Nu vittna två århundradens annaler om Societetens betydelsefulla medverkan i Sveriges fredliga segrar på vetenskapens vidsträckta täflingsfält.

O. E. Hjelt.
R. A. Tigerstedt.

L. Mechelin.
R. Hausen.

J. W. Runeberg.
M. G. Schybergson.

12. *De M. le Professeur Mohn, Kristiania.*

Vetenskaps Societeten, Upsala.

Hilsen med Tak og varmeste Önsker for Societetens fremtid.

H. Mohn.

13. *De M. le Professeur Y. Nielsen, Kristiania.*

Kgl. Vetenskapssocieteten, Upsala.

En ärbödig Lykönskning til det gamle illustre Selskab i forvisning om at dets Glans vil stige gjennem Seklernes Sekler.

Yngvar Nielsen.

14. *De MM. Christiansen, Holm, Steenstrup,
Thomsen, Warming, Wimmer, København.*

Vetenskapssocieteten, Upsala.

Danske, hädrede med at være optagne som medlemmer af Eders ärvärdige Societet, der nu gennem to Aarhundreder har ved ypperlige Forskeres Virksomhed haft uforglemmelige Fortjenster af Videnskaberne, udtale vor hjertelige Lyckönskning og Haabet om en lige saa skjön og lykkelig Fremtid.

**Christiansen,
Thomsen,**

**Holm,
Warming,**

**Steenstrup,
Wimmer.**

15. *De M. Ivan Pawlow, St. Pétersbourg.*

Professeur Dunér, Upsala.

Rempli d'admiration devant les services immortels rendus pendant deux siècles à la science par la Société des sciences d'Upsal, j'adresse mes félicitations respectueuses et mes souhaits de prospérité dans l'avenir.

Professeur **Ivan Pawlow,**
Membre de la Société.

16. *De M. le Professeur Toldt, Wien.*

Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Upsala.

Ich beehre mich die altehrwürdige Gesellschaft zu Ihrer zweihundertjährigen ruhmvollen Wirksamkeit herzlichst zu beglückwünschen.

Toldt.



NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS

SER. IV. VOL. 3. N. 2.

ADDITIONAL NOTE

TO

THE MORTAL REMAINS

OF

EMANUEL SWEDENBORG

(NOVA ACTA REG. SOC. SC. UPS., SER. IV, VOL. 2, N. 9, UPSALA 1910)

BY

J. VILH. HULTKRANTZ

(PRESENTED TO THE ROYAL SOCIETY OF SCIENCES OF UPSALA, MAY 3d, 1912)

UPSALA 1912

PRINTED AT THE UNIVERSITY PRESS

EDV. BERLING

In the detailed account of the scientific investigations concerning the contents in the coffin of EMANUEL SWEDENBORG, which were executed by a Committee appointed on May 27th, 1908, by the Royal Society of Sciences of Upsala¹, I have quoted on page 25 a communication from a certain Mr. R., that a human skull, reported to have been SWEDENBORG's, was still in England in private possession. I related also our fruitless efforts to obtain detailed information respecting it from Mr. R., who it appeared was confined in an insane asylum and under no consideration would disclose the names and addresses necessary for further inquiries.

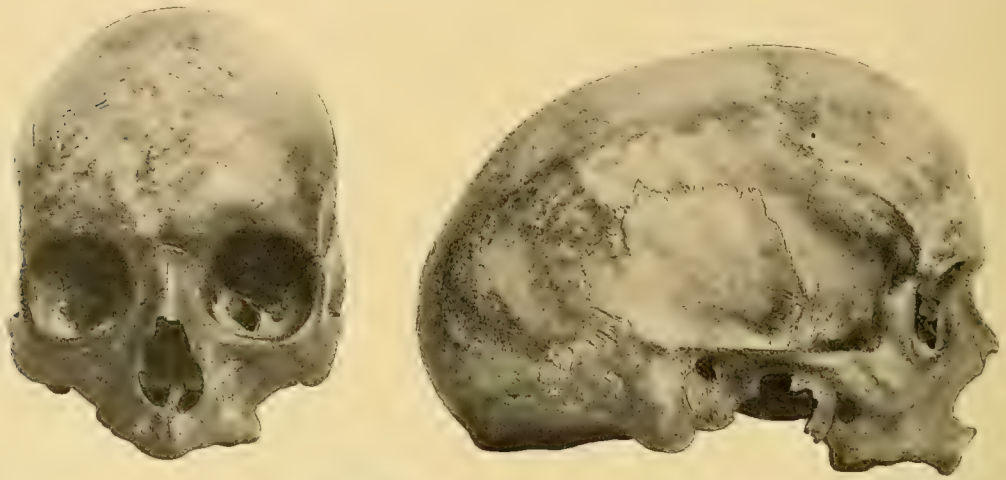
In October, 1911, the Rector of the University of Upsala received a letter from the said Mr. R. with the information that, after a long search, he had now discovered the skull in question.

Although our previous investigations had resulted satisfactorily in the conclusion that the remains in the coffin with the greatest degree of probability were genuine, and although no new facts reversing our decision had come to light, we found it most correct to probe quite without bias the import of Mr. R's suggestion and its actual basis. To that end we communicated with him and received through his kindness not only further particulars respecting the skull in question, but also tracings, photographs, and finally a plaster cast of it.

From Mr. R's letters and from two communications published by him in *The East London Observer* for the 16th and 23rd of March, 1912, we learn that the late father of Mr. R. was a missionary in the district where the Swedish Church stood, and visited the shop of an old herbalist in the adjacent square (Wellclose Square). The herbalist prided himself on his collection of curios, amongst which he prized most highly SWEDENBORG's skull. How he came by the skull, Mr. R. never knew and cannot learn. The herbalist died some thirty years ago, but from

¹ Published in the *Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal.*, Ser. IV, Vol. 2, No. 9.

one of his descendants Mr. R. learned the name and address of a friend of the herbalist who had received from the latter whilst living the collection of skulls and bones. This friend was finally found; he was still in possession of the skulls. The labels, if they ever had any, were lost, but »pricked into the bone of one of the skulls are some tiny dots forming the letters E. S'borg».¹ In front of the right temple there is a slight gash (scar) »that might have been caused by a sabre or cutlass and that should form a mark of identification if it could be proved that he had received such in his lifetime». The skull is re-



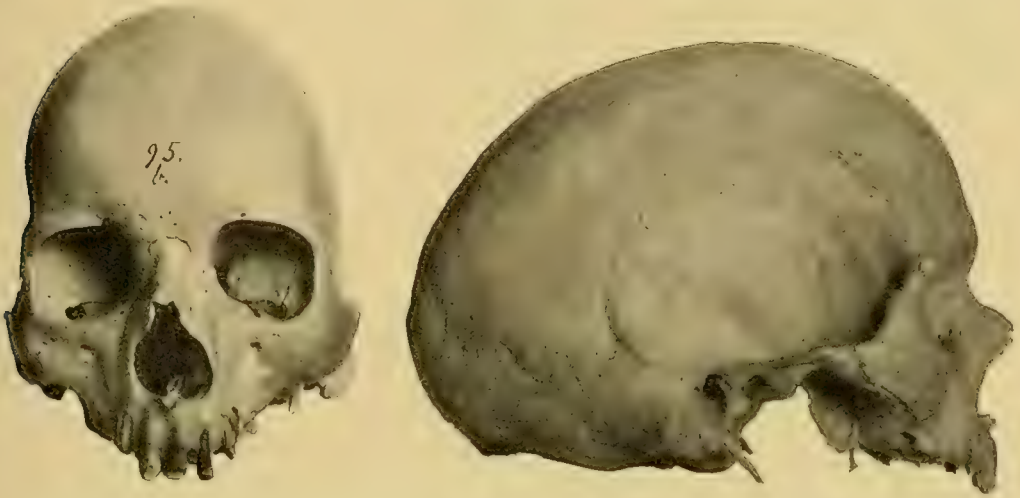
Figs. 1—2. The skull from Wellclose Square. Facial and lateral view.

markably long, narrow, high in front but broad at the temples, and Mr. R. adds that English phrenologists declare it to be »undoubtedly possessed of the features of character which made the great mystic so famous», and that the skull has been offered for sale recently to a wealthy collector in America.

First, concerning the inscription and the scar; they were not sufficiently well reproduced on the photos and the cast to enable us to form a decided opinion as to their nature and origin. It may, however, easily be understood that in this case they have no real testimonial value *pro* or *con*. Even if there were a quite distinct, unabridged name instead of the rather dubious »tiny dots», it would be of no consequence since we do not know at all who has written it, at what time and for what reasons. We could not eliminate the pos-

¹ This inscription is on the right parietal bone.

sibility of either presumption or fraud. As to the scar at the temple it is possible that a careful examination by a competent person could decide with sufficient certainty whether it has been inflicted during life or is due to a *post mortem* injury. In the former case such a fact seems rather to argue against the skull being SWEDENBORG'S, for it is very improbable that SWEDENBORG has been subjected to such a great violence, which must have given rise to a quite visible disfiguring cicatrice, without having mentioned it in his journals. His biographers also would scarcely have been silent about such a matter. On the



Figs. 3—4. Scaphocephalic skull from the Anatomical Institute of Upsala. Facial and lateral view.

other hand, if the injury to the skull is post-mortal, no reasonable conclusions can be drawn from that. It is quite possible that the skull of EMANUEL SWEDENBORG has been roughly handled on some occasion, but that may also occur to other skulls, especially to such as have been dug up from the earth. I have often seen injuries caused by the spade, very similar to that seen on the photos and the cast.

Since, therefore, these external marks on the skull cannot furnish any weighty proofs for or against the correctness of the aforesaid supposition, it will be necessary to examine the anatomical characters.

The first glance at the photos received from Mr. R. and reproduced in Figs. 1, 2 and 5 was sufficient to establish that the skull from the old herbalist's shop was an exceptionally fine specimen of the pathological deformity which is known as scaphocephaly, and a close examination of the plaster cast showed indisputably that I was right in this conclusion.

The characteristics of the scaphocephalic deformity are a ridge-like vertex and (at least in the majority of cases) a more or less complete fusion of the parietal bones with an alteration of the growth of the skull, so that it becomes extraordinarily long and narrow, often

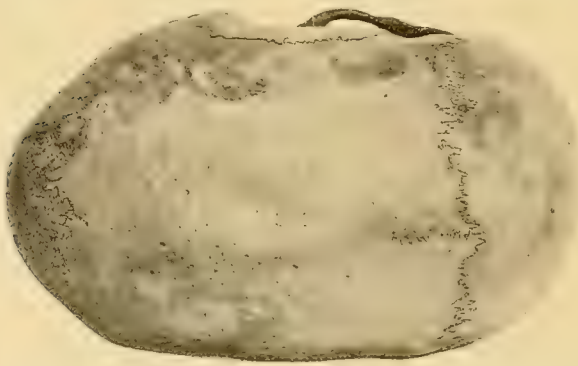


Fig. 5. Vertical view of the scaphocephalic skull from Wellclose Square.

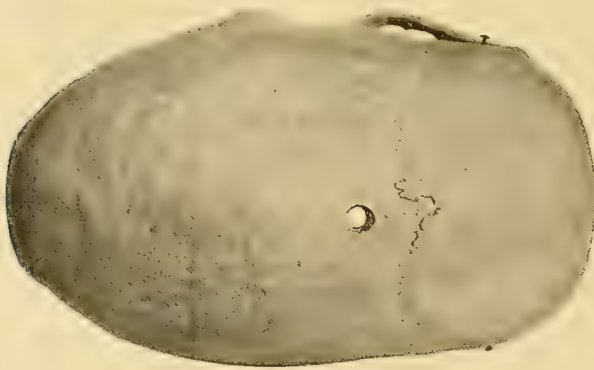


Fig. 6. Vertical view of the scaphocephalic skull of Upsala.

with an overhanging front and a prolonged back of the head. Frequently one finds also on the crown of the skull a characteristic roughness of the surface and a little extension of the fused parietals protruding into an angle of the frontal. (Compare Figs. 5---6.) The deformity is always congenital. As to its primary causes several hypotheses have been advanced. Besides the old theory that scaphocephaly is an atavistic malformation, opinions differ as to whether it may be regarded as an original derangement of the earliest embryonal development or as due to ante-natal rachitis or to hereditary syphilis.

Pronounced scaphocephaly is a rare anomaly: judging from the essay of BACKMAN (*Über die Scaphocephalie*, Anatomische Hefte, 1908), hardly a dozen crania are described in the whole anatomical literature with a malformation of the same degree as that of the skull now in question.

It is a curious coincidence that the Anatomical Institute of Upsala received a few years ago a veritable parallel to the skull from the shop in Wellclose Square. The scaphocephalic skull of Upsala (Figs. 3, 4 and 6) has belonged to a decrepit tin-smith, who had suffered from *dementia paralytica* and died in a poor-house at Stockholm, aged 56 years. Because of his peculiar appearance I procured a death-mask

of the subject (Fig. 7) and prepared the skeleton. The resemblance of the two skulls — that is to say of their brain cases — is quite striking, as a comparison between the figures shows. The following table, in which the principal anthropological measurements are placed side by side, gives evidence of how little the dimensions of the skulls differ.

	The Wellclose Square skull	The Upsala skull
Length	21.9 cm	21.0 cm
Breadth	12.6 »	12.0 »
Height	13.8 »	14.6 »
Zygomatic breadth	13.0 »	13.1 »
Frontal breadth	10.8 »	9.7 »
Frontal height	7.75 »	7.25 »
Cranial index	57.5	57.1

The facial portions of the skulls indeed present several differences, for instance, as to the form of the eye-sockets, cheeks and teeth, but the agreement between their cerebral portions is all the more striking. Their general form is almost identical and they differ only in a few details. On the Wellclose Square skull the forehead is a little broader, on the Upsala skull a little higher. The latter has a still more regularly curving contour line (compare Figs. 2 and 4); on the London skull the front is a little more protruding and the back of the head more downhanging. — The index numbers especially merit attention as being extraordinarily low. It deserves perhaps to be mentioned, to elucidate the matter, that in Sweden, where, however, the average cranial index is relatively low, not one out of 10,000 skulls has an index of or below 60.

The question now arises: may it at all be supposed that SWEDENBORG had a scaphocephalic skull? *A priori* the possibility cannot



Fig. 7. Death-mask of the scaphocephalic individual, whose skull is represented in Figs. 3, 4 and 6.

be dismissed. It is true that many authors regard the scaphocephalic deformity as a sign of degeneracy and that a not inconsiderable proportion of scaphocephalic individuals is found to be psychically deficient. There are, however, several cases known, which prove that even a pronounced deformity of this kind does not exclude a high intellectual and moral development. But the supposition that SWEDENBORG's head was scaphocephalic seems for various reasons not very probable. A wig from the 17th century was certainly able to conceal a considerable deformity of the brainpan, but as the death-mask in Fig. 7 shows, the scaphocephalics of higher degree ordinarily have a very characteristic facial type, which does not agree with the portraits of SWEDENBORG.

But there are other reasons which prove with greater certainty that the scaphocephalic Wellclose Square skull cannot be SWEDENBORG's. In my above-cited account I have described and reproduced a part of a lower jawbone which was found in the coffin of SWEDENBORG. Its position amongst the other skeletal remains and its agreement with these as to the state of preservation made it most probable that it was genuine.¹ I showed also on page 57 how well the condition of the teethrests in the jawbone agrees with the condi-

¹ I insist decidedly upon this statement in refutation of the insinuation expressed in an article in »The East London Observer» for March 9th, 1912, that the whole skeleton in the coffin of SWEDENBORG may have been a substitute. For anyone who has conscientiously read the Proceedings at the examination of SWEDENBORG's coffin, Upsala, May 29th, 1908, and the analysis of the facts in my above cited account, no doubts can persist that the coffin is SWEDENBORG's and that the skeletal remains in its lower part still lying enveloped in the shroud had never been removed from their original position. The contradiction in the statements of HINDMARSH and WÄHLIN referred to is easy to understand when one considers that only the upper part of the leaden coffin had been opened up to 1908.

This article, as well as several others issued in the same newspaper for February and March last, dealing with »The Mystery of the Skull», make zealous efforts to vindicate the Wellclose Square skull's being SWEDENBORG's, and to that end render the conclusion of the scientific Committee at Upsala a matter of suspicion. As they do not bring to light a single new fact, but only a series of hypotheses without real grounds, and moreover contain several mistakes and perversions of facts, quite obvious to everyone acquainted with the question, it seems unnecessary to enter into a detailed reply. It will be enough to state that the reproach that the Committee has not used for comparison with the skull the portrait of SWEDENBORG painted in 1785 by J. HINDMARSH, falls before the circumstance that this picture, in spite of repeated inquiries, has not been recovered, and for the time being may be regarded as lost. For the rest I refer to my above-cited paper, which contains all facts necessary to elucidate the quality of the articles in »The East London Observer».

tion of the corresponding part of the skull. Now, on the contrary, the cast of the skull from Wellclose Square with its atrophied alveolar process shows that the teeth, and especially the canine, and its neighbours on the right side, must have been lost a long time before death, whereas the condition of the lower jawbone from SWEDENBORG'S coffin with manifest remains of the canine and the bicuspid in its well preserved alveolar process on the right side indicates that they have been used for chewing up to a period not very long before death, which should have been impossible if the opposite teeth in the upper jaw had not been preserved up to about the same time.

Finally, I shall refer to the oft-quoted characterization of the skull of SWEDENBORG by the sculptor FLAXMAN, who examined it at the house of Mr. TULK. An eminent and experienced sculptor is generally not unacquainted with anatomy, and he must in any case be endowed with a fine sense of the normal forms of the human body. It is quite impossible that such a man, if he had in his hands this abnormal, scaphocephalic skull could say: »How beautiful the form! . . . Here is no deficiency!» And FLAXMAN'S further declaration: »Why, I should almost take it for a female head, were it not for the peculiar character of the forehead», is *exactly* the contrary of what is characteristic for the skull in question. Everyone who is acquainted with the sexual differences of human crania, must admit that this skull is of a decided masculine type, and that if it in any point at all approaches to the female type, it is just in regard to the forehead!

The facts now related seem fully to justify the conclusion that the Wellclose Square skull is not SWEDENBORG'S, and the results of our former investigation — the statement that the skull which now lies in SWEDENBORG'S coffin in the Cathedral of Upsala, with the greatest degree of probability may be regarded as genuine — can still be fully maintained, no invalidating reasons having been forthcoming.

With regard to the considerable value that a collector of curios may attach to such a rarity as a skull of EMANUEL SWEDENBORG, I should be very much surprised if not more than one »genuine» skull of the great mystic should make its appearance in the future. Still, judging from the present case, it will probably be fairly awkward to find any real proofs countervailing those on which the opinion expressed in my account is based.

Upsala, April, 1912.

NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

Ser. IV. VOL. 3. N. 3.

STUDIEN
ÜBER DIE SCHWEDISCHEN ARTEN
DER GATTUNGEN
BATRACHOSPERMUM ROTH
UND
SIRODOTIA NOV. GEN.
VON
HARALD KYLIN.

(DER KÖNIGL. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 20. SEPT. 1912).

UPSALA 1912
AKADEMISCHE BUCHDRUCKEREI
EDV. BERLING.

Da eine zusammenfassende Darstellung der schwedischen *Batrachospermum*-Arten fehlt, muss man zu Exsiccatawerken und Museensammlungen greifen, wenn man erfahren will, welche Arten dieser Gattung in Schweden vorkommen.

In ARESCHOUGS Exsiccatawerk finden sich folgende schwedische *Batrachospermum*-Arten:

- N:r 17 *B. moniliforme* var. = *B. moniliforme*.
 » 258 *B. vagum* var. = *B. vagum* **keratophytum*.
 » 307 *B. vagum* var. *Dillenii* = *Sirodotia suecica* nov. gen. et nov. sp.

In WITTROCK und NORDSTEDTS Exsiccatawerk finden sich folgende schwedische *Batrachospermum*-Arten:

- N:r 102 *B. vagum* = *B. vagum*.
 » 103 *B. vagum* **keratophytum* = *B. vagum* **keratophytum*.
 » 1006 *B. Boryanum* = *B. Boryanum*.
 » 1351 a *B. Dillenii* = *Sirodotia suecica* nov. gen. et nov. sp.
 » 1352 *B. Dillenii* = *B. Dillenii*.
 » 1355 a *B. moniliforme* = *B. ectocarpum*.
 » 1355 b *B. moniliforme* = unbestimbar.
 » 1356 b *B. moniliforme* = { *B. arcuatum* nov. sp.
 = { *B. helminthosum*.
 » 1357 *B. radians* = *B. moniliforme*.

Aus obenstehendem Verzeichnis geht demnach hervor, dass vier richtig bestimmte, schwedische *Batrachospermum*-Arten in diesen Exsiccatawerken zu finden sind nämlich: *B. moniliforme*, *B. vagum*, *B. Boryanum* und *B. Dillenii*. Ausserdem gibt es drei unrichtig bestimmte Arten nämlich: *B. ectocarpum*, *B. helminthosum* und *B. arcuatum*, von welchen die letztere als neue Art beschrieben wird. Eine Art, die

unter dem Namen *B. Dillenii* aufgenommen worden ist, ist nicht nur eine neue Art, sondern gehört sogar einer neuen Gattung an

Bei Durchmusterung der mir zugänglichen Museensammlungen habe ich noch zwei früher beschriebene Arten gefunden nämlich: *B. sporulans* und *B. Gallæi*. Unter dem von mir eingesammelten Material von *Batrachospermum*-Arten habe ich weiter vier Arten erhalten, die noch nicht in Schweden nachgewiesen waren nämlich: *B. densum*, *B. anatinum*, *B. virgatum*, und *B. testale*, und ausserdem noch eine, die ich unter dem Namen *B. distensum* als neue Art beschreibe.

In Schweden kämen demnach 14 *Batrachospermum*-Arten vor, und daneben eine Art, die einer neuen, mit *Batrachospermum* verwandten Gattung gehört.

Diese Untersuchung ist hauptsächlich auf das Material gegründet, welches ich während verschiedener Reisen in den Sommern 1909 und 1910 einsammelte. Folgende Landschaften wurden hierbei besucht: Skåne, Småland, Bohuslän, Dalsland, Västergötland, Östergötland, Värmland, Västmanland, Uppland, Dalarna, Gestrikland, Helsingland, Medelpad, Herjedalen und Jämtland. Das eingesammelte Material wurde teils in Formalin, teils in Alkohol konserviert. Von diesen Konservierungsmitteln scheint mir das erstere besser als das letztere. Ein Teil des Materials wurde getrocknet.

Ausserdem habe ich auch die Sammlungen schwedischer *Batrachospermum*-Arten durchmustert, welche sich im Museum der Universität Upsala, in dem schwedischen Reichmuseum und im Museum der Universität Lund¹ finden. Den Vorstehern dieser Museen bringe ich meinen ergebensten Dank für die Bereitwilligkeit, mit welcher die Sammlungen mir zur Verfügung gestellt worden sind. Ferner bin ich Herrn Dr O. BORGE meinen besten Dank schuldig, weil er seine grosse Sammlung schwedischer *Batrachospermum*-Arten mir zugänglich gemacht hat. Wertvolle Beiträge verdanke ich auch Herrn Lic. Phil. G. CARLSON und Herrn Amanuensis G. CEDERGREN.

¹ Jedoch nicht J. G. AGARDHS Sammlungen, welche nicht ausgeliehen werden. Diese enthalten aber nach den Angaben von Herrn Konservator O. HOLMBERG nur 19 in Schweden gefundene *Batrachospermum*-Arten.

Anatomischer Aufbau.

Der anatomische Aufbau der *Batrachospermum*-Arten ist durch die grundlegende Arbeit SIRODOTS »Les Batrachospermes» so wohl bekannt, dass ich nur auf diese Arbeit und auf die grösseren Handbücher, wo die Ergebnisse der Untersuchung SIRODOTS zusammengestellt worden sind, hinzuweisen brauche. Um aber die Ausdrücke, die bei der Beschreibung der Arten gebraucht worden sind, zu erklären, möchte ich mit einigen Worten über den anatomischen Aufbau dieser Algen Bescheid gehen.

Die Zweige werden von einem zentralen Zellfaden mit grossen, langgliedrigen Zellen aufgebaut. Jede Zelle dieser Zentralachse entwickelt einen Wirtel von in der Regel 4—6 Kurztrieben, die aus reich, büschelig verzweigten Zellfäden, den »primären Kurztrieben», bestehen. Diese Kurztriebwirtel verursachen das für die Mehrzahl der *Batrachospermum*-Arten charakteristische, perlenbandähnliche Aussehen. Die Basalzellen der primären Kurztriebe bilden hinunterlaufende Zellfäden aus, welche die Zentralachse mit einer mehr oder weniger dichten Rindenschicht bekleiden. Von diesen »Berindungsfäden» gehen »sekundäre Kurztriebe» aus (Fig. 1). — Die seitlichen Langtriebe werden von der Basalzellen der primären Kurztriebe ausgebildet.

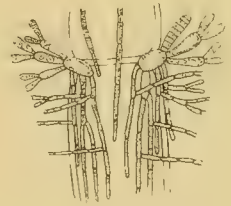


Fig. 1. *Batrachospermum*-Wirtel (schematisiert).

Bei den Arten *B. Dillenii* und *B. Gallæi* sind allerdings sowohl die primären als die sekundären Kurztriebe sehr reichlich vorhanden, sie sind aber sehr kurz, und bestehen selten aus mehr als fünf abgerundeten Zellen. Die Kurztriebwirtel treten deshalb nur undeutlich hervor, und das habituelle Aussehen dieser Arten unterscheidet sich demnach in hohem Grade von dem der übrigen Arten, bei denen die Kurztriebwirtel immer sehr gut zu beobachten sind.

Die in diesem Aufsatz neu beschriebene Gattung *Sirodotia* wird auch dadurch gekennzeichnet, dass die Kurztriebe nur aus einer geringen Anzahl kurzer Zellen bestehen. Habituell erinnert diese Gattung deshalb an *B. Dillenii*; die Kurztriebwirtel sind jedoch in der Regel etwas kräftiger ausgebildet als bei dieser Art.

Fortpflanzungsorgane.

Die *Batrachospermum*-Arten sind entweder monözisch, diözisch oder polygam. Die Art, die der neuen Gattung *Sirodotia* zugeteilt wird, ist immer monözisch.

Die männlichen Fortpflanzungsorgane, die Spermatangien, werden an den Spitzen der Kurztriebe ausgebildet. Jede spermatangientragende Zelle besitzt 1—3 Spermatangien (gewöhnlich 2). Bisweilen kann die spermatangientragende Zelle auch mit einer vegetativen Zelle versehen sein, oder mit anderen Worten auch die subterminalen Zellen können Spermatangien tragen.

Die weiblichen Fortpflanzungsorgane, die Karpogonien, sitzen terminal an besonderen Karpogonästen, deren Lage und Aussehen bei den verschiedenen Gruppen von Arten in mehreren Hinsichten verschieden sind.

Bei *B. vagum*, *B. virgatum* und *B. testale* gehen die Karpogonäste von den Basalzellen der primären Kurztriebe aus. Hinsichtlich ihres Aussehens unterscheiden sie sich sehr deutlich von den vegetativen Zellfäden. Sie bestehen aus verhältnismässig wenigen, kurzen Zellen, und sind oft mit zahlreichen, kurzen, wenigzelligen Seitentriebe versehen. Nur diejenigen Seitentriebe, die von den untersten Zellen der Karpogonäste ausgehen, können kräftig ausgebildet sein.

Bei *B. Dillenii* und *B. Gallæi* gehen die Karpogonäste wie bei den oben erwähnten Arten ebenfalls von den Basalzellen der primären Kurztriebe aus, können aber auch von den Berindungsfäden ausgehen. Sie sind kurz, und bestehen nur aus wenigen Zellen. Von den vegetativen Kurztrieben unterscheiden sie sich nur dadurch, dass sie karpogonientragend sind.

Bei den Arten, die den Gruppen Moniliformia und Helminthoidea angehören, gehen die Karpogonäste ebenfalls oft von den Basalzellen der primären Kurztriebe aus, können aber auch von anderen Zellen dieser Kurztriebe oder von den Berindungsfäden ausgehen. Bei der Gruppe Helminthoidea sind die Seitentriebe der Karpogonäste kurz und bestehen aus wenigen, abgerundeten Zellen, bei der Gruppe Moniliformia sind sie dagegen verhältnismässig lang, und bestehen aus mehreren, langgestreckten Zellen.

Die Trichogyne der *Batrachospermum*-Arten ist stark angeschwollen, und unterscheidet sich dadurch von der übrigen Florideen, bei denen die Trichogyne mehr oder weniger fadendünn ist. Hinsichtlich der Form der Trichogyne stellt SIRODOT mehrere verschiedene Gruppen unter den *Batrachospermum*-Arten auf.

Die Gruppe Moniliformia wird durch ihre keulenförmige oder urnenförmige Trichogyne gekennzeichnet (trichogynum clavæforme vel lagenæforme; Fig. 2, a-b). Im Jugendstadium ist sie immer keulenförmig, wird aber später urnenförmig dadurch, dass ihr oberer Teil sich zylindrisch verlängert. Tritt die Befruchtung frühzeitig ein, findet diese Verlängerung nicht statt, je mehr aber die Befruchtung verzögert wird, je länger wird dieser obere, zylindrische Teil der Trichogyne.

Hinsichtlich der Form der Trichogyne stimmt die Gruppe Setacea mit der eben erwähnten überein.

Bei der Gruppe Helminthoidea ist die Trichogyne ellipsoidisch oder eiförmig (trichogynum ellipsoideum vel ovoideum; Fig. 2 c). Wird die Befruchtung, verspätet, vergrößert sich die Länge ein wenig, und die Trichogyne kann dadurch etwas keulenförmig werden.

Bei der Gruppe Turficola ist die Trichogyne kegelförmig (trichogynum trunci coniforma; Fig. 2 d). Die Basis des Kegels ist aufwärts gerichtet und immer sphärisch abgerundet.

Die Gruppe Viridia wird durch ihre zylindrische, lang gestielte Trichogyne gekennzeichnet (trichogynum cylindraceum, longe pedicellatum; Fig. 2 e). — Bei den vorhergehenden Gruppen ist die Trichogyne immer ungestielt.

Nach der Befruchtung wachsen von dem basalen Teil des Karpogons kurze, verzweigte, sporogene Fäden aus, deren Terminalzellen Sporen ausbilden. Aus diesen Fäden wird der Gonimoblast zusammengesetzt. Bei den Gruppen Moniliformia und Helminthoidea sind die Gonimoblaste klein, abgerundet, und in jedem Kurztriebwirtel finden sich gewöhnlich mehrere. Sie liegen zerstreut innerhalb der Wirtel, nur bei zwei Arten (*B. ectocarpum* und *B. arcuatum*) können sie auch ausserhalb der Wirtel sitzen; dies wird durch die grosse Verlängerung der Gonimoblastenstiele bedingt. Bei der Gruppe Moniliformia werden

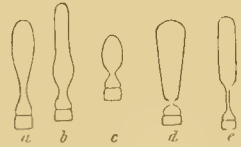


Fig. 2. Verschiedene Trichogynenformen der *Batrachospermum*-Arten
a) keulenförmig; b) urnenförmig; c) ellipsoidisch; d) umgekehrt kegelförmig; e) zylindrisch, gestielt.

die Seitentriebe der Karpogonäste so stark verlängert, dass sie den ausgebildeten Gonimoblast umschliessen. Sitzen die Gonimoblaste ausserhalb der Wirtel so entwickeln sich die Seitentriebe besonders reichlich und kräftig. Bei der Gruppe Helminthoidea werden die Seitentriebe der Karpogonäste niemals besonders kräftig ausgebildet.

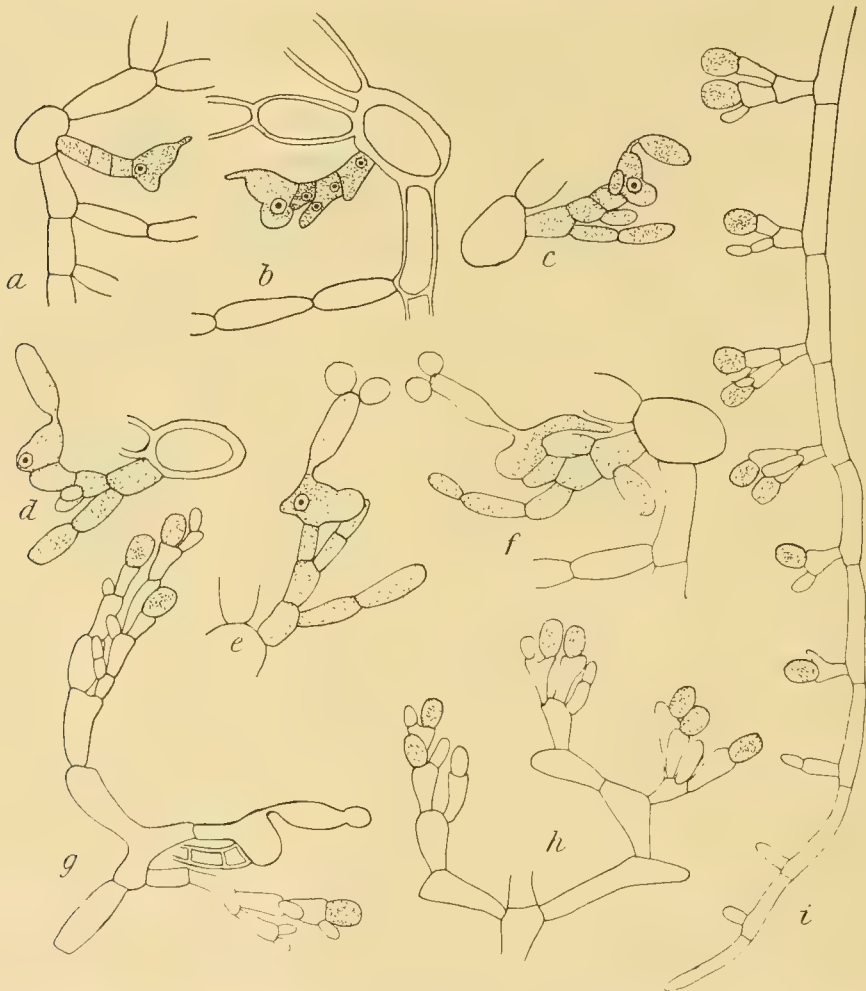


Fig. 3. *Sirodotia suecica*. a—d) Entwicklungsstadien des Karpogons; e—f) die Ausbildung eines sporogenen Zellfadens beginnt; g—i) Gonimoblastenfäden mit Sporangien; in Figur g ist das Karpogon abgebildet; die doppelkonturierten Zellen gehören dem Karpogonast an. Vergr. a—f 850 mal, g—i 480 mal.

Bei den Gruppen *Turficola* und *Viridia* sind die Gonimoblaste im Vergleich mit denen der oben erwähnten Gruppen sehr gross, und selten wird mehr als einer in jedem Wirtel ausgebildet. Die Stiele

sind sehr kurz, und die Gonimoblaste scheinen deshalb unmittelbar an der Zentralachse befestigt zu sein.

Bei der Gruppe *Setacea* sitzen die Gonimoblaste als kleine warzenförmige Bildungen an den unbedeutend ausgebildeten Wirteln.

Während meiner Untersuchungen habe ich auch eine Art gefunden, die hinsichtlich des vegetativen Aufbaus mit den *Batrachospermum*-Arten besonders mit den Arten der Gruppe *Setacea* übereinstimmt, die aber hinsichtlich des Aufbaues der weiblichen Fortpflanzungsorgane so wesentlich von diesen Arten abweichen, dass ich mich genötigt sehe, sie zu einer neuen Gattung zu stellen. Diese Gattung will ich *Sirodotia* nennen, und möchte in diesem Zusammenhang den Aufbau ihrer Fortpflanzungsorgane beschreiben.

Die Art ist immer monözisch. Die männlichen Fortpflanzungsorgane werden in derselben Weise wie bei den *Batrachospermum*-Arten ausgebildet.

Die Karpogonäste sind 2-5-zellig. Sie entspringen an den Basalzellen der primären Kurztriebe, meistens an der Unterseite derselben und dann bogenförmig aufwärts gerichtet, sehr selten an der Oberseite einer Basalzelle und dann bogenförmig abwärts gerichtet. Selten werden sie von einer anderen Zelle der Kurztriebe ausgebildet oder entspringen an den Berindungsfäden. Die Scheitelzelle des Karpogonastes entwickelt an ihrer Spitze einen kurzen Auswuchs, der bald an seiner Spitze kugelförmig anschwellt. Diese Anschwellung wird in der Länge ausgedehnt, wird ellipsoidisch und schliesslich zylindrisch, und stellt darnach die ausgebildete Trichogyne dar; welche also zylindrisch, kurz gestielt ist. Während der Entwicklung der Trichogyne entsteht an der Aussenseite des Karpogons (d. h. an der Seite, welche von der Zentralachse nach aussen gerichtet ist) eine halbkugelförmige Anschwellung, die an Grösse zunimmt, um schliesslich eben so gross wie der anfängliche Bauteil des Karpogons zu werden, mit dem sie durch eine breite Öffnung in Verbindung steht. Der Kern des Karpogons wandert in diese Anschwellung hinein.

Nach der Befruchtung entwickelt sich von der Innenseite des Karpogons aus ein sporogener Zellfaden. Dieser Zellfaden verzweigt sich, und seine Seitentriebe wachsen zwischen die Berindungsfäden hinaus, denen sie sehr ähnlich sind. Von diesen Trieben gehen die kurzen, spärlich verzweigten sporangientragenden Äste aus. — Die sporogenen Zellfäden treten niemals in Verbindung mit vegetativen Zellen.

Es sind demnach zwei Merkmale, durch welche die Gattung *Sirodotia* von *Batrachospermum* sehr deutlich verschieden ist. Diese sind erstens die Form des Karpogons, zweitens die Ausbildung des Gonimoblastes. Der Bauchteil des Karpogons ist bei *Batrachospermum* symmetrisch, bei *Sirodotia* dagegen wegen der halbkugelförmigen Anschwellung der Ausenseite unsymmetrisch. Die Gonimoblaste werden bei *Batrachospermum* von kurzen sporogenen Fäden gebildet, die zu einer nach aussen scharf begrenzten Bildung zusammengeschlossen werden. Bei *Sirodotia* wird dagegen von dem Karpogon ein einziger, sporogener Faden gebildet, welcher verzweigt wird, und dessen Triebe zwischen den Berindungsfäden umherkriechen. Von diesen Trieben werden die sporangientragenden Äste gebildet. Ein scharf begrenzter Gonimoblast wird niemals gebildet.

Bei den *Batrachospermum*-Arten, die ein gut ausgebildetes *Chantransia*-Stadium haben, gibt es ausser der geschlechtlichen Vermehrung auch eine ungeschlechtliche mittels Monosporen, die von der *Chantransia*-Form gebildet werden. Die Monosporangien sitzen auf Kurztrieben, die von den langen *Chantransia*-Fäden ausgehen und oft büschelich verzweigt sind.

Bei *B. sporulans* und *B. vagum* können auch die ausgebildeten *Batrachospermum*-Formen sich ungeschlechtlich mittels Monosporen vermehren. Die Monosporangien sitzen an den Spitzen der Kurztriebe, meistens zwei auf jeder sporangientragenden Zelle. Sie entsprechen demnach ihrer Lage nach den Spermatangien, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, dass sie ellipsoidisch und etwas grösser sind als die abgerundeten Spermatangien. Die Monosporen enthalten Chromatophoren, die Spermatien entbehren aber solcher.

Systematische Stellung.

Die Gattung *Batrachospermum* gehört unter den Florideen der Familie Helminthocladiaceæ an. Zusammen mit *Gulsonia* Harv. bildet sie innerhalb dieser Familie die Gruppe Batrachospermeæ, welche durch ihren vegetativen Aufbau von den übrigen Gruppen deutlich verschieden ist. Diese sind *Chantransiæ*, *Nemaliæ* und *Dermonemeæ*. Bei Batrachospermeæ werden die Zweige von einem zentralen Zellfaden aufgebaut, von dessen Zellen Kurztriebsysteme ausgehen, die sich zu

besonderen Wirteln zusammenschliessen. Solche Kurztriebssysteme fehlen bei Chantransiæ. Bei den Gruppen Nemalieæ und Dermonemeæ gibt es ein von längslaufenden, dünnen Zellfäden gebildetes Mark, von welchem zahlreiche, verzweigte Assimilationsfäden ausgehen.

Die beiden zu der Gruppe Batrachospermeæ gehörenden Gattungen *Batrachospermum* und *Gulsonia* unterscheiden sich von einander dadurch, dass die Kurztriebwirtel bei jener kein dichtes Rindengewebe bilden, bei dieser aber ein innen loser, aussen dichter.

Hinsichtlich ihres vegetativen Aufbaus stimmt die Gattung *Sirodotia*, wie oben erwähnt wurde, sehr gut mit *Batrachospermum* überein. Die beiden Gattungen unterscheiden sich aber von einander durch die Form der Karpogone und durch die Ausbildung der Gonimoblasten. Diese Verschiedenheiten sind aber schon früher besprochen worden.

Sirodotia nähert sich hinsichtlich der Ausbildung des Gonimoblasten in hohem Grade der *Dermonema*. Auch bei dieser Gattung besteht der Gonimoblast aus Zellfäden, die in der Rinde umherkriechen, und von denen die kleinen, sporentragenden Zweigbüschelchen ausgehen. Eine nähere Verwandtschaft zwischen diesen Gattungen besteht aber meines Erachtens nicht. Die Ähnlichkeiten in dem vegetativen Aufbau der Gattungen *Batrachospermum* und *Sirodotia* sind zu gross, um *Sirodotia* von der Gruppe Batrachospermeæ zu trennen und sie zu den vegetativ so verschieden aufgebauten Dermonemeæ zu stellen. Hinsichtlich der Form der Trichogyne nähert sich *Sirodotia* stark den *Batrachospermum*-Arten, nicht aber *Dermonema*, bei welcher die Trichogyne die für die Florideen gewöhnliche Fadenform besitzt.

Chantransia-Stadium.

SIRODOT hat erwiesen, dass die *Batrachospermum*-Arten durch eine vegetative Knospenbildung von einem reduzierten, *Chantransia*-ähnlichen Vorkeim ausgebildet werden. Anfänglich wurde die Behauptung SIRODOTS in Zweifel gezogen, spätere Untersuchungen von PETER und BRAND haben aber dargetan, dass dieselbe vollkommen richtig war.

SIRODOT versuchte zwei verschiedene Vorkeimstadien zu unterscheiden, erstens das eigentliche *Chantransia*-Stadium (forme asexuée), welches sich ungeschlechtlich mittels Monosporen vermehrt, und nur

sehr selten *Batrachospermum*-Stadien ausbildet, zweitens ein in hohem Grade reduziertes Stadium (prothalle), das aus auf der Unterlage kriechenden Zellfäden und aus von diesen aus emporwachsenden, sehr kurzen Zellreihen besteht; dieses Stadium vermehrt sich nicht mittels Monosporen, bildet aber *Batrachospermum*-Stadien aus. Zwar versucht SIRODOT einen scharfen Unterschied zwischen diesen Stadien zu vindizieren, ist aber auch anzuerkennen genötigt, dass sie in einander übergehen können, und mit vollem Recht werden sie von BRAND als das *Chantransia*-Stadium der *Batrachospermum*-Arten zusammengefasst. Wie schon oben erwähnt wurde, entwickeln sich die ausgebildeten *Batrachospermum*-Pflanzen aus den sehr reduzierten *Chantransia*-ähnlichen Vorkeimen, indem die kräftigeren, reich sporangientragenden Vorkeime nicht oder um sehr selten *Batrachospermum*-Pflanzen ausbilden.

Der Wechsel zwischen *Batrachospermum*-Stadium und *Chantransia*-Stadium bedeutet keinen Generationswechsel in dem Sinne, dass wir es hier mit einem Wechsel zwischen haploiden und diploiden Generationen zu tun hätten. Wo die Reduktionsteilung der *Batrachospermum*-Arten stattfindet, ist nicht bekannt. Tetrasporen sind niemals, weder auf den ausgebildeten *Batrachospermum*-Pflanzen, noch auf den Vorkeimen, beobachtet worden.

BRAND behauptet, dass es selbständige Süsswasser-Chantransien gibt, d. h. solche die nicht Vorkeime der *Batrachospermum*-Arten darstellen. Hinsichtlich der Wahrheit dieser Behauptung kann ich mich nicht äussern, da ich nicht Gelegenheit gehabt habe, die Süsswasser-Chantransien längerer Zeit auf derselben Stelle zu verfolgen.

Biologische Verhältnisse.

Die *Batrachospermum*-Arten kommen am ehesten in Bächen oder Flüssen mit mehr oder weniger stark fliessendem Wasser vor. Wenn man einen Fluss eine Strecke entlang unterhalb des Wasserfalles einer Mühle untersucht, beobachtet man, dass der Individuenreichtum sich in dem Masse vermindert wie der Fluss ruhiger fliesst, und einige hundert Meter hinter dem Wasserfall sucht man oft vergebens nach *Batrachospermum*-Arten, auch wenn sie in dessen unmittelbarer Nähe in grossem Individuenreichtum vorkamen.

Bisweilen findet man aber auch *Batrachospermum*-Arten in kleinen Waldbächen, wo das Wasser ganz ruhig fliesst, und auch wenn das

Wasser der Entwässerung zufolge nur in den Vertiefungen zurückbleibt können die *Batrachospermum*-Arten dort fortleben, gedeihen aber offenbar nicht gut. In den Seen kann man sie auch hie und da finden, sie kommen aber nur auf seichtem Wasser vor, wo der Wasserwechsel wegen der Wellenbewegungen am lebhaftesten ist.

B. vagum verhält sich anders als die übrigen *Batrachospermum*-Arten, indem sie am ehesten in Seen und Wasseransammlungen mit stillstehendem Wasser vorkommt. Oft findet man sie in Wasseransammlungen der Torfmoore.

Einige *Batrachospermum*-Arten kommen oft in grossem Individuenreichtum auf derselben Stelle vor z. B. *B. moniliforme*, *B. densum*, *B. Dillenii*, *B. Gallæi*, *B. helminthosum* und *B. vagum*, andere dagegen findet man nur in vereinzelt Individuen, z. B. *B. sporulans*, *B. virgatum* und *B. testale*.

Die meisten Arten sind einjährig, es gibt aber auch Arten, die entschieden mehrjährig sind nämlich *B. vagum*, und *B. densum*. *B. moniliforme* ist typisch einjährig, wahrscheinlich kann sie aber ausnahmsweise von der einen Vegetationsperiode zu der anderen fortleben.

Nur *B. helminthosum* habe ich Gelegenheit gehabt auf derselben Stelle während einiger Jahre zu verfolgen. Sie wurde zum ersten Mal Mitte Juni in grossem Individuenreichtum beobachtet, und war damals reich mit reifen Gonimoblasten versehen. In dem Masse wie die Sporenverbreitung im Juli fortschritt, fingen die Individuen an mehr und mehr zerstört zu werden, und Mitte August waren alle Individuen verschwunden. Im nächsten Jahre wurde dieselbe Stelle Mitte Maj besucht, und die Art in reichlicher Menge wiedergefunden. Die Individuen waren mit reifen Gonimoblasten versehen. Schon einen Monat später suchte man aber vergebens nach einem einzigen Individuum. Die Entwicklung war demnach während des zweiten Jahres früher abgeschlossen, als während des ersten.

Verbreitung.

Die *Batrachospermum*-Arten, die man in Schweden am häufigsten beobachtet, sind *B. moniliforme* und *B. vagum*. Diese werden für beinahe alle Landschaften angegeben, und kommen noch in dem nördlichsten Schweden vor. Unter den übrigen Arten sind wahrscheinlich *B. helminthosum*, *B. Boryanum* und *B. Gallæi* weit verbreiter. Übrigens

möge hinsichtlich der Verbreitung der Arten auf das Artenverzeichnis verwiesen werden, wo alle bisherigen Fundorte der verschiedenen Arten angegeben werden. Unsere Kenntnis der Verbreitung der *Batrachospermum*-Arten in Schweden muss aber noch immer als sehr mangelhaft bezeichnet werden.

Beschreibung der Gattungen und Arten

Batrachospermum ROTH.

Wie schon früher erwähnt worden ist, wird eine bisher zu *Batrachospermum* gestellte Art zu einer neuen Gattung *Sirodotia* gezogen. Dies verursacht indessen keine Veränderungen in den Merkmalen der ersten Gattung, wie diese in ENGLER und PRANTL »Die natürlichen Pflanzenfamilien«, zusammengestellt sind.

SIRODOT unterscheidet unter den *Batrachospermum*-Arten sechs Gruppen nämlich: Moniliformia, Helminthoidea, Setacea, Turficola, Viridia und Hybrida. In Schweden sind die fünf ersten von diesen repräsentiert. Die verschiedenen Gruppen unterscheiden sich von einander hauptsächlich durch die Form der Trichogynen, aber es gibt auch andere Verschiedenheiten, welche dazu führen, dass die SIRODOT'schen Gruppen sich gar nicht so artifiziell darstellen, wie man anfänglich zu glauben geneigt ist.

Die Gruppe Setacea unterscheidet sich durch ihre unbedeutend ausgebildeten Wirtel schon habituell sehr deutlich von den übrigen. Die Trichogyne ist keulenförmig. Diese Form besitzt auch die Trichogyne bei der Gruppe Moniliformia, welche sich indessen durch ihre deutlichen Wirtel von der vorhergehenden unterscheidet. Die Gruppen Moniliformia und Helminthoidea sind diejenigen, die am nächsten mit einander verwandt und deshalb am schwierigsten von einander zu unterscheiden sind. Die Trichogyne ist bei der ersteren keulenförmig oder urnenförmig, bei der letzteren ellipsoidisch oder eiförmig. Die Karpogonäste sind bei Moniliformia mit verhältnismässig langen Seitentrieben versehen, bei Helminthoidea dagegen mit kurzen, die nur aus wenigen, abgerundeten Zellen bestehen. Die Gonimoblaste sind bei beiden Gruppen klein und es gibt in der Regel deren viele, die innerhalb der Wirtel zerstreut liegen (bei *B. ectocarpum* und *B. arcuatum* können sie auch ausserhalb der Wirtel sitzen). Bei Moniliformia sind

sie von den langen Seitentrieben der Karpogonäste umgeben (solche werden sehr reichlich ausgebildet, wenn die Gonimoblaste ausserhalb der Wirtel sitzen) bei Helminthoidea sind sie dagegen nicht von solchen Trieben umgeben.

Die Gruppen *Turficola* und *Viridia* unterscheiden sich von *Moniliformia* und *Helminthoidea* durch die Form der Trichogynen und durch ihre grossen Gonimoblaste, von denen sehr selten mehr als einer in jedem Wirtel vorkommt. Die Trichogyne ist bei *Turficola* umgekehrt kegelförmig, ungestielt, bei *Viridia* zylindrisch, gestielt. Die zu der Gruppe *Viridia* gehörenden Arten sind in der Regel klein, nur wenige Zentimeter hoch; ihre Farbe ist grün—blaugrün.

Übersicht der Arten.

A) Wirtel unbedeutend ausgebildet, mikroskopisch oder beinahe mikroskopisch.

a) Gonimoblaste scharf begrenzt, kleine, warzenähnliche Anschwellungen auf der Thallusoberfläche bildend

1) diözisch

2) monözisch

b) Gonimoblaste nicht begrenzt

B) Wirtel kräftig ausgebildet.

1) Trichogyne keulenförmig oder urnenförmig; Gonimoblaste klein, meistens mehrere in jedem Wirtel

a) monözisch.

1) alle Gonimoblaste innerhalb der Wirtel.

*) Kurztriebe der Wirtel nicht monosporangientragend; Gonimoblaste vorhanden.

†) Thallus (in der Regel) einjährig ohne Prolifikationen

††) Thallus mehrjährig mit Prolifikationen

**) Kurztriebe der Wirtel monosporangientragend; Gonimoblaste sehr selten

2) einige Gonimoblaste ausserhalb der Wirtel

b) diözisch

Setacea.

B. Dillenii.

B. Gallæi.

Sirodotia succica.

Moniliformia.

B. moniliforme.

B. densum.

B. sporulans.

B. ectocarpum.

B. arcuatum.

- II) Trichogyne ellipsoidisch oder eiförmig; Gonimoblaste klein, mehrere in jedem Wirtel **Helminthoidea.**
- a) monözisch.
- 1) Seitentriebe der Karpogonäste niemals karpogontragend *B. helminthosum.*
 - 2) Seitentriebe der Karpogonäste oft karpogontragend *B. extensum.*
- b) diözisch *B. Boryanum.*
- c) polygam *B. anatinum.*
- III) Trichogyne umgekehrt kegelförmig; Gonimoblaste gross, selten mehr als einer in jedem Wirtel **Turficola.**
- B. vagum.*
- IV) Trichogyne zylindrisch, gestielt; Gonimoblaste gross, selten mehr als einer in jedem Wirtel **Viridia.**
- 1) monözisch *B. virgatum.*
 - 2) diözisch *B. testale.*

Es ist mir nicht möglich gewesen der Artenbegrenzung SIRODOTS in jeder Hinsicht zu folgen, weil er Merkmale verwendet, deren systematischer Wert mir sehr zweifelhaft scheint. Es gibt mehrere Arten, die sich nur durch einige unbedeutende Verschiedenheiten in ihren *Chantransia*-Stadien unterscheiden, die aber als ausgebildete *Batrachospermum*-Pflanzen von einander nicht zu unterscheiden sind. Hinsichtlich zweier Arten (*B. moniliforme* und *B. pyramidale*) sagt SIRODOT (S. 207), dass sie erst nach mehrjährigen Beobachtungen in der Natur zu unterscheiden sind.

Hinsichtlich der Systematik der *Batrachospermum*-Arten schreibt BRAND (1895, S. 284): »Während die Angaben den älteren Autoren allzu dürftig sind, verliert sich SIRODOTS Classifikation bei der Species- und Varietätenbeschreibung in eine allzu grosse Zahl von Einzelheiten, deren Constanz in Anbetracht der grossen Variabilität der Pflanze nicht immer über alle Zweifel erhoben und deren Allgemeingültigkeit wegen des Missverhältnisses, welches zwischen den makroskopischen Dimensionen der Pflanze und dem meist mikroskopischen Charakter der fraglichen Verhältnisse besteht, oft kaum zu kontrolliren ist«. An einer anderen Stelle (1910, S. 112) schreibt derselbe Autor betreffs der *Ba-*

trachospermum-Arten: »Es ist mir noch niemals ein Exemplar vorgekommen, welches mit einer »Art« dieses Autors (SIRODOTS) vollständig übereingestimmt hätte».

***Batrachospermum moniliforme* ROTH.**

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 209; *B. Decaisneanum* SIRODOT, a. a. O., S. 214; *B. radians* SIRODOT, a. a. O., S. 218; *B. moniliforme* ARESCHOUG, Alg. Scand. exsicc., Nr 17; *B. radians* WITTRÖCK et NORDSTEDT, Alg. exsicc., Nr 1357.

Thallus 2—10 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Gelbe; mehr weniger gallertig; mehr weniger reich, allseitig verzweigt. Wirtel aus einander gerückt oder zusammenfließend, im ersteren Fall abgerundet, im letzteren scheibenförmig. Berindungsfäden und sekundäre Kurztriebe mehr weniger zahlreich. Haare kürzer oder länger, an der Basis angeschwollen, spärlich—zahlreich vorkommend. Monözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben, seltener von den Berindungsfäden ausgehend. Trichogyne keulenförmig—urnenförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, mehrere in jedem Wirtel, innerhalb der Wirtel zerstreut.

B. moniliforme und *B. Decaisneanum* Sirod. wären nach SIRODOT dadurch zu unterscheiden, dass jene nur spärlich mit kurzen Haaren versehen wäre, diese dagegen reichlich mit langen Haaren. Diese

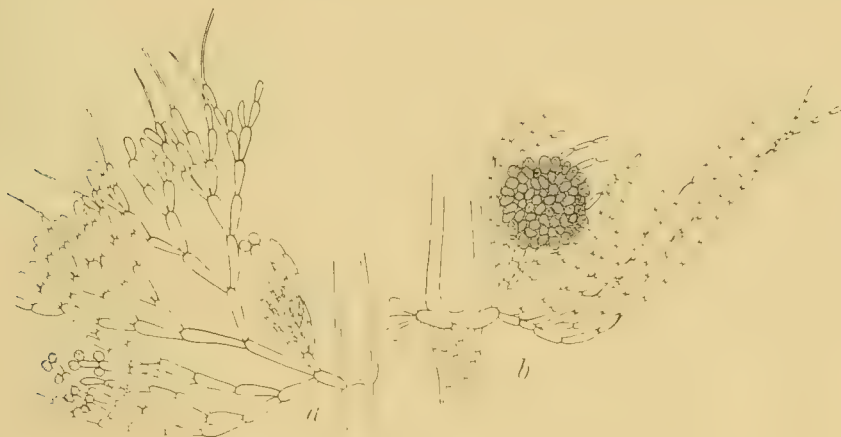


Fig. 4. *Batrachospermum moniliforme*. a) Primärer Kurztrieb mit Spermatangien und einem Karpogonast; b) ausgebildeter Gonimoblast. Verg. a 240 mal, b 175 mal.

Verschiedenheit zwischen verschiedenen Individuen kommt vor, aber zwischen diesen beiden Gegensätzen gibt es allerlei Übergänge, und auf verschiedenen Zweigen desselben Individuums kann man sogar

beobachten, dass der Reichtum und die Länge der Haare zwischen ganz weiten Grenzen variiert. Es ist mir demnach nicht möglich, SIRODOT bei seiner Unterscheidung von *B. moniliforme* und *B. Decaisneanum* als zwei verschiedene Arten zu folgen.

Bei *B. moniliforme* sollen die Gonimoblaste hauptsächlich in der äusseren Hälfte, bei *B. radians* Sirod. dagegen in der inneren Hälfte der Wirtel zerstreut sein. SIRODOT gesteht aber, dass einige Gonimoblaste bei *B. moniliforme* in der inneren Hälfte und bei *B. radians* in der äusseren Hälfte der Wirtel zerstreut sein können. Nach SIRODOT (a. a. O., S. 227) kann man sogar bisweilen finden, dass einige Gonimoblaste bei *B. radians* so lang gestielt werden, dass sie ausserhalb der Wirtel hervorragen, und diese Art würde dann ein Merkmal haben, welches besonders *B. corbula* Sirod. kennzeichnen würde.

Da die verschiedenen Lagen der Gonimoblaste der einzige sichere Unterschied zwischen *B. moniliforme* und *B. radians* sind, und da dieser Unterschied so grossen Variationen, wie oben angedeutet ist, unterworfen sein kann, ist es mir nicht möglich *B. moniliforme* und *B. radians* als verschiedene Arten aufzunehmen.

SIRODOT unterscheidet fünf Formen von *B. moniliforme* nämlich: *chlorosum*, *typicum*, *rubescens*, *helminthoideum* und *scopula*. Von diesen finde ich, dass nur *typicum* und *helminthoideum* genauer zu unterscheiden sind. Bei *B. moniliforme* **typicum* sind die Wirtel aus einander gerückt, abgerundet. Bei *B. moniliforme* **helminthoideum* sind sie dagegen zusammenfliessend, scheibenförmig. Diese beiden Formen gehen aber ohne Grenze in einander über. Die Formen *chlorosum* und *rubescens* sind nur Farbenvariationen einer der oben erwähnten, und die Form *scopula* ist, wie SIRODOT selbst sagt, nur eine extreme Form von *helminthoideum*.

Die *Chantransia*-Form bildet 3—5 mm hohe Büschel. Die aufrechten Fäden sind von der Basis her mehr weniger reich verzweigt, und bestehen aus Zellen, die 5—8 mal so lang als breit sind. Die *Batrachospermum*-Pflanzen werden von den reduzierten *Chantransia*-Formen ausgebildet.

B. moniliforme ist eine in Schweden allgemein verbreitete Art. Sie wächst hauptsächlich in Bächlein, wo das Wasser mehr weniger schnell fliesst, ist aber auch in Quellen und Seen zu finden. — Fertil April—Oktober.

Fundorte:

- Skåne: Höör; Svalöf; Sätöfta; Källby (U.¹); Yddinge (L.)
 Blekinge: Karlskrona (U.)
 Småland: Åsvallahult; Nybro; Huseby (R.); Unnaryd (R.); Nöbbelad (L.); Shirsjön (CARLSON).
 Gotland: Gothemsån (U.); Hörsne (U.); Vika (R.)
 Bohuslän: Uddevalla; Skaftö (R.)
 Västergötland: Ornunga; Ljur; Undenäs; Landvetter (U.); Surte (U.); Skara (B.)
 Dalsland: Åmål; Bäcke; Tångelanda.
 Östergötland: Skedvi (U.)
 Södermanland: Landsort (U.); Danviken (U.)
 Värmland: Kristinehamn (U.); Mokärrshyttan (U.); Gammelkroppa (U.)
 Västmanland: Östra Born; Vedeå; Sikfors; Arboga (U.)
 Uppland: Häggeby (U.); Lidingö (U.); Vaddö (L.); Rådmansö (B.); Flottsund (CEDERGREN.)
 Gestrikland: Ockelbo.
 Helsingland: Ljusdal.
 Dalarne: Lustebo; Orsa; Sunnanhed.
 Medelpad: Sundsvall.
 Herjedalen: Tandsjö; Sveg.
 Jämtland: Östersund.
 Norrbotten: Haparanda (R.)

Batrachospermum densum SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 228.

Thallus 4—8 mm hoch; grau mit starkem Stich ins Olivgrüne; mehr weniger gallertig; in der Regel reich, allseitig verzweigt. Ältere Triebssysteme überwintert, und im nächsten Jahre reich proliferierend. Ältere Thallusteile oft gelbbraun. Wirtel scheibenförmig, meistens zusammenfliessend, seltener aus einander gerückt. Berindungsäden und sekundäre Kurztriebe zahlreich, wenigstens in

¹ Der Buchstabe, der zwischen Klammern hinter dem Namen des Fundortes steht, bedeutet, dass dieser nach Exemplaren in den Sammlungen der Universität Upsala (U.), des Schwedischen Reichsmuseums (R.), der Universität Lund (L.) oder des Herrn Dr O. BORGE (B.) angeführt wird.

den unteren Teilen der Triebssysteme. Haare oft sehr lang, mehr weniger zahlreich, an der Basis angeschwollen. Monöisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben, seltener von den Berindungsfäden ausgehend. Trichogyne keulenförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, ein bis einige wenige in jedem Wirtel, innerhalb der Wirtel zerstreut.

Nach SIRODOT würde sich *B. densum* von *B. moniliforme* dadurch unterscheiden, dass die unteren Teile des Triebssystemes mehrjährig sind, und dass diese überwinternden Teile im nächsten Jahre eine grosse Menge Prolifikationen ausbilden. Ebenso würden sich auch die von SIRODOT beschriebenen Arten *B. pygmæum* und *B. pyramidale* verhalten. Unter diesen Arten würden sich *B. pyramidale* und *B. densum* dadurch unterscheiden, dass bei der ersteren die Wirtel aus einander gerückt sind, bei der letzteren dagegen zusammenfliessen. Die Haare wären bei der ersteren kurz, bei der letzteren lang. Der Unterschied zwischen *B. densum* und *B. pygmæum* würde hauptsächlich in einigen Unähnlichkeiten bei den *Chantransia*-Formen der beiden Arten liegen, hinsichtlich deren auf die Arbeit SIRODOTS zu verweisen ist. Ohne die *Chantransia*-Form wäre nach SIRODOT die Bestimmung von *B. pygmæum* äusserst schwierig, beinahe unmöglich. Hinsichtlich der Bestimmung von *B. pyramidale* schreibt SIRODOT (a. a. O., S. 234): »La détermination de cette espèce peut offrir de sérieuses difficultés«. — Es scheint mir, als ob SIRODOT in seinem Bemühen, neue Arten aufzustellen, etwas zu weit gegangen wäre.

B. moniliforme wäre demnach einjährig, *B. densum* dagegen mehrjährig. Es ist aber nicht unmöglich, dass auch die basalen Teile des Triebssystemes bei *B. moniliforme* überwintern, und im nächsten Jahre neue Triebe ausbilden. Einige von mir gefundene Exemplare scheinen mir dafür zu sprechen. SIRODOT erwähnt nicht, dass die basalen Teile bei *B. moniliforme* überwintern können, schreibt aber über *B. Decaisneanum*, welche meiner Ansicht nach von *B. moniliforme* nicht zu unterscheiden ist, folgendes: »Dénudation partielle des échantillons adultes dont la base, souvent persistante, émet des prolifications qui seront le point de départ de la végétation de l'année suivante«.

Da demnach *B. moniliforme* bisweilen überwintert, und wie *B. densum* im nächsten Jahre Prolifikationen bildet, wird es natürlich sehr schwierig die Grenze zwischen den Arten zu ziehen. Hier ist aber meiner Meinung nach die Unterscheidung zweier Arten berechtigt.

B. densum, wie ich die Art hier auffasse, hat ein habituelles Aussehen, das sogleich in die Augen fällt, wenn man sie in der Natur beobachtet, und welches sich deutlich von dem habituellen Aussehen bei *B. moniliforme* unterscheidet, welches aber schwierig zu beschreiben ist.

Die Zweige sind nämlich bei *B. densum* schmaler und schlanker als bei *B. moniliforme*, während aber die Zentralachse durchgehends etwas gröber ist, was auf der reichlicheren Ausbildung von Berindungs-fäden beruht. Die Endtriebe sind bei *B. densum* verhältnismässig kürzer, und bilden einen beinahe geraden Winkel mit ihrer Mutterachse. Die Glieder sind bei *B. densum* beinahe immer vollständig zusammenfliessend, und ihre Höhe ist nur $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ mal so gross wie ihre Breite.

Wohl ausgebildete *Chantransia*-Formen bei *B. densum* sollen nach SIRODOT fehlen. Die *Batrachospermum*-Pflanzen werden von reduzierten, *Chantransia*-Formen ausgebildet. Diese bestehen aus auf der Unterlage kriechenden Zellfäden, mit unregelmässigen an den Querwänden zusammengezogenen Zellen. Von diesen Zellfäden gehen die aufrechten Fäden aus, die einfach, nur selten mit wenigen Seitentrieben versehen sind. Sie bestehen in der Regel nur aus 8—12 Zellen. Diese sind zylindrisch, gewöhnlich eben so lang, seltener $1\frac{1}{2}$ (—2) mal so lang wie breit. Die Zweigspitzen sind oft haartragend. Die reduzierten *Chantransia*-Formen, die ich beobachtet habe, stimmen sehr gut mit den von SIRODOT gegebenen Figuren (a. a. O., Taf. 14) überein.

B. densum kommt in Bäcklein mit mehr weniger stark fliessendem Wasser vor. Sie scheint für das smoländische Hochland und die nördlichsten Teile von Schonen charakteristisch zu sein. Das Wasser in den Bächen dieser Gegenden kommt aus Gebieten, welche reich an Torfmooren und Sümpfen sind. Die Art kommt oft in grossem Individuenreichtum vor. — Fertil in Juli und August.

Fundorte:

Skåne: Osby.

Småland: Alfvestad, Hjortsberga, Moheda.

Batrachospermum sporulans SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 216.

Thallus 1—3 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Olivgrüne; mehr weniger gallertig; in der Regel spärlich verzweigt. Wirtel gewöhnlich aus einander gerückt, abgerundet. Berindungsfäden und sekundäre Kurztriebe mehr weniger zahlreich. Haare verhältnismässig lang, in der Regel zahlreich. Monözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben ausgehend, oft spärlich vorkommend. Trichogyne keulenförmig oder urnenförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet innerhalb der Wirtel zerstreut, werden nur selten ausgebildet. Die Vermehrung geschieht durch Monosporen, die an den Spitzen der primären Kurztriebe ausgebildet werden.

Diese Art unterscheidet sich von *B. moniliforme* hauptsächlich dadurch, dass die Vermehrung durch Monosporen stattfindet. Gonimoblaste können nach SIRODOT bisweilen ausgebildet werden, ich habe sie aber niemals beobachtet. Karpogonäste sind oft spärlich, und be-

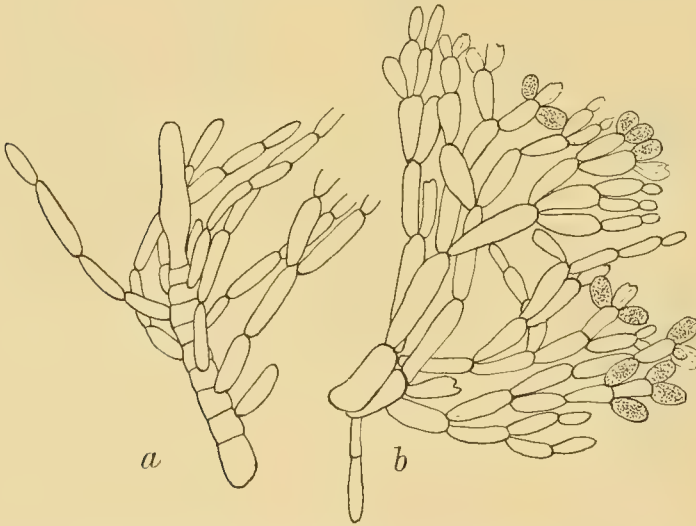


Fig. 5. *Batrachospermum sporulans*. a) Karpogonast; b) primäre Kurztriebe mit Monosporangien. Vergr. 350 mal.

stehen in der Regel aus vielen kurzen Zellen, während die Karpogonäste bei *B. moniliforme* aus einigen wenigen, aber langgestreckten Zellen bestehen (vgl. Fig. 4 a und Fig. 5 a). Die Trichogyne ist zuerst keulenförmig, wird aber schliesslich urnenförmig, infolgedes starken Zuwachses, da keine Befruchtung, stattfindet. Spermatangien sind von SI-

RODOT beschrieben, von mir aber nicht gesehen worden, da überall Monosporangien an ihre Stelle gekommen waren.

Die Art ist in Bächlein mit verhältnismässig langsam fliessendem Wasser gefunden worden. — Fertil im Juni und Juli.

Fundorte:

Västergötland: Ornunga; Grude; Borås (L.)

Helsingland: Ljusdal.

Herjedalen: Sveg.

Batrachospermum ectocarpum SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 222; *B. moniliforme* WITTRÖCK et NORDSTEDT, Alg. exsicc. Nr 1355 a.

Thallus 4—12 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Olivgrüne; stark gallertig: mehr weniger reich, allseitig verzweigt; Wirtel in der Regel aus einander gerückt, abgerundet; Berindungsfäden zahlreich; sekundäre Kurztriebe fehlen oder sind sehr spärlich. Haare kurz, an der Basis angeschwollen, sehr spärlich oder fehlen vollkommen. Monözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben ausgehend. Trichogyne keulenförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, innerhalb der äusseren Hälfte der Wirtel zerstreut, oder oft ausserhalb der Wirtel sitzend; die Gonimoblastenstiele bestehen in diesem Falle aus grossen, kräftig ausgebildeten Zellen, und sind mit zahlreichen Seitentrieben versehen, die die Gonimoblaste umschliessen.

B. ectocarpum ist viel gröber und gallertiger als *B. moniliforme*, unterscheidet sich aber von dieser Art hauptsächlich dadurch, dass die Gonimoblaste wegen der Länge der Stiele ausserhalb der Wirtel sitzen. Dieses Merkmal findet sich auch bei *B. corbula* SIRODOT (a. a. O., S. 226). Es ist aber meiner Meinung nach sehr zweifelhaft, ob diese Arten wirklich von einander zu trennen sind.

Diese Art habe ich nur einmal in einem Bächlein mit langsam fliessendem Wasser beobachtet — Fertil April—August.



Fig. 6. *Batrachospermum ectocarpum*.
Gonimoblast. Vergr. 250 mal.

Fundorte:

Skåne: Finja; Rönnebrö (L.)

Västergötland: Slättäng (L.)

Gotland: Lummelunda (oben angeführtes Exsiccaturwerk).

Uppland: Västra Löfstad (U.); Flottsund (CEDERGREN).



Fig. 7. *Botrachospermum arcuatum*. a—b) Primäre Kurztriebe; c) spermatangientragende Äste; d—e) Karpogonäste. Vergr. a 190 mal, b 350 mal, c 480 mal, d 850 mal, e 480 mal.

***Botrachospermum arcuatum* NOV. SP.**

B. moniliforme WITTRÖCK et NORDSTEDT, Alg. exsicc., Nr 1356 b (pro parte).

Frons dioica, griseo-brunnea, valde mucosa, ca 5—10 cm alta, alterne ramosa; verticilli aut distantes et discoidei vel ellipsoidei, aut contigui et plus minus compressi; fila-

menta; interverticillaria nulla aut rarissima; pili nulli; trichogynum clavæforme; glomeruli fructiferi numero varii, parvi, alii exserti, alii ad peripheriam verticillorum rejecti.

Thallus 5—10 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune; stark gallertig; oft reich, allseitig verzweigt; Wirtel in der Regel aus einander gerückt, abgerundet. Berindungsfäden zahlreich, sekundäre Kurztriebe fehlen, oder sind sehr spärlich. Haare fehlen. Diözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben ausgehend. Trichogyne keulenförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, innerhalb der äusseren Hälfte der Wirtel zerstreut, oder ausserhalb der Wirtel sitzend; die Gonimoblastenstiele bestehen in diesem Falle aus grossen, kräftig ausgebildeten Zellen, und sind mit zahlreichen Seitentrieben versehen, die die Gonimoblaste umschliessen.

Die Wirtel sind scheibenförmig mit etwas abgerundeten Aussenseiten; ihre Länge ist $\frac{1}{2}$ —1 mal so gross wie ihre Breite. Sie sind deutlich, wenn auch nur wenig, aus einander gerückt; nur in den untersten Teilen des Sprosssystemes sind sie ganz zusammenfliessend.

Die primären Kurztriebe bestehen aus einer ellipsoidischen, etwas langgestreckten, unten angeschwollenen Basalzelle, die 3—5 Seitentriebe trägt. Diese sind reich verzweigt; oben ist die Verzweigung pinselförmig zusammengezogen; die Verzweigung ist oft bis in die Spitzen der Kurztriebe reichlich, bisweilen sind jedoch die Endzweige unverästelt, und peitschenförmig ausgezogen. In den unteren Teilen der Kurztriebe sind die Zellen langgestreckt, zylindrisch, etwa $5\ \mu$ dick; unten sind sie bisweilen angeschwollen, seltener auch oben. In den mittleren Teilen der Kurztriebe ist die Länge der Zellen etwas geringer, während ihre Breite oft etwas grösser ist. In dem oberen Drittel der Kurztriebe sind die Zellen langgestreckt birnförmig, eiförmig oder ellipsoidisch, und im Durchmesser oft bedeutend grösser als die Zellen der unteren Drittel der Kurztriebe. Bei den männlichen Exemplaren sind die Zellen in den oberen Teilen der Kurztriebe oft kürzer birnförmig bis eiförmig als bei den weiblichen. Die Endzweige sind oft bogenförmig. Haare fehlen vollständig.

Berindungsfäden kommen sehr reichlich vor, besonders in den unteren Teilen der Sprosssysteme; oft sind sie aber mit einander lose verflochten. Sekundäre Kurztriebe gibt es nur in den unteren Teilen des Sprosssystemes, sie sind immer spärlich und schwach ausgebildet; dies hat zur Folge, dass die Wirtel im ganzen Sprosssystem gut von einander zu unterscheiden sind.

Die Art ist diözisch. Die Spermatangien werden in den Spitzen der Kurztriebe ausgebildet, und sind in der Regel sehr zahlreich. Die Karpogonäste gehen entweder von den Basalzellen oder von den unteren Zellen der primären Kurztriebe aus. Sie sind kräftig ausgebildet und unterscheiden sich schon frühzeitig durch ihre etwas größeren Zellen von den vegetativen Trieben. In der Regel sind sie mit zahlreichen Seitentrieben versehen, die sich bogenförmig über die keulenförmige Trichogyne neigen. Bisweilen können einige Seitentriebe der Karpogonäste in ihrer Spitze Karpogone ausbilden. Die Gonimoblaste sind klein, abgerundet und in der äusseren Hälfte der Wirtel zerstreut, nicht selten sitzen sie aber wegen der kräftigen Stiele ausserhalb der Wirtel. Die Seitentriebe der Karpogonäste entwickeln sich nach der Befruchtung in hohem Grade und umschliessen zuletzt den ganzen Gonimoblast, besonders wenn er ausserhalb des Wirtels sitzt. Die Zellen der Gonimoblastenstiele sind sehr kräftig ausgebildet und denjenigen Zellen ganz ähnlich, aus denen die Zentralachse der Langtriebe besteht.

Die jetzt neu beschriebene Art gehört der Gruppe Moniliformia an, unterscheidet sich aber von allen anderen bisher bekannten Arten dieser Gruppe dadurch, dass sie diözisch ist. Einige Merkmale machen es aber wahrscheinlich, dass ihre nächste Verwandte in *B. ectocarpum* zu suchen ist. Beide Arten sind verhältnissmässig grob, stark gallertig; bei beiden spielen die sekundären Kurztriebe nur eine untergeordnete Rolle, und die Wirtel sind deshalb von einander gut zu unterscheiden. Die Karpogonäste und die Stiele der Gonimoblaste sind bei beiden kräftig ausgebildet, und die Gonimoblaste sitzen nicht selten ausserhalb der Wirtel. Die Seitentriebe der Karpogonäste sind bei beiden Arten zahlreich, kräftig ausgebildet und umschliessen die Gonimoblaste. Beide Arten sind aber von einander dadurch deutlich unterschieden, dass *B. ectocarpum* monözisch ist, *B. arcuatum* dagegen diözisch.

Die Art kommt in Bächlein mit mehr wenigen schnell fliessendem Wasser vor. — Fertil Juli—September.

Fundorte:

Skåne: Sätöfta; Nösåla: Höör (oben angeführtes Exsiccaturwerk).
Uppland: Kvarnfallet in Upsala; Kvarnbo; Håga (R.); Högsta (R.)

Batrachospermum helminthosum SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 240.

Thallus 4—10(—15) cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Gelbe; stark gallertig; in der Regel reich allseitig verzweigt. Wirtel zusammenfliessend, seltener in den jüngeren Teilen unbedeutend auseinander gerückt. Sekundäre Kurztriebe mehr weniger zahlreich; Berindungsfäden zahlreich. Haare spärlich, kurz, an der Basis angeschwollen. Monözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben,



Fig. 8. *Batrachospermum helminthosum*. a) Primärer Kurztrieb; b—c) Karpogonäste, der letztere spermatangientragend; d) Haarbildung; e) *Chantrelle*-Fäden mit jungen *Batrachospermum*-Pflanzen. Vergr. a 350 mal, b—d 850 mal, e 350 mal.

seltener von den Berindungsfäden ausgehend; ihre Seitentriebe nicht selten spermatangientragend. Trichogyne ellipsoidisch oder eiförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, mehrere in jedem Wirtel.

Die *Chantrelle*-Form dieser Art bildet 4—6 mm hohe, dichte Büschel. Die aufrechten Fäden sind reich verzweigt. Die Zellen sind

im unteren Teil des Sprosssystemes 3—4, im oberen Teil 6—8 mal so lang wie breit. Sporangientragende Kurztriebsysteme sind zahlreich; sie sitzen an den Seiten der Langtriebe. Haare sind lang und zahlreich. — Die *Batrachospermum*-Pflanzen werden von sehr reduzierten *Chantransia*-Formen ausgebildet.

Die Art kommt in Bächlein mit mehr weniger schnell fließendem Wasser vor. — Fertil April—August. Sie scheint hauptsächlich eine Frühlings- und Vorsommer-Art zu sein (vgl. S. 11).

Fundorte:

Skåne: Höör (U.)

Småland: Sunnansjö (U.)

Västergötland: Ornunga; Locknered (R.)

Herjedalen: Sveg (B.)

***Batrachospermum distensum* NOV. SP.**

Frons monoica, griseo-brunnea, valde mucosa, c:a 2—6 cm alta, alterne ramosa; verticilli aut distantes et ellipsoidei, aut contigui et plus minus compressi; filamenta interverticillaria nulla aut rara; Trichogynum ovoideum vel ellipsoideum; filamenta bracteoliformia vel carpogonia vel antheridia saepe ferentia; glomeruli fructiferi numero varii, parvi, in verticillis sparsi.

Thallus 2—6 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune; stark gallertig; in der Regel reich, allseitig verzweigt. Wirtel aus einander gerückt, oder zusammenfließend. Sekundäre Kurztriebe fehlen oder sind sehr spärlich. Berindungsfäden zahlreich, lose verflochten. Haare sehr selten, kurz, an der Basis angeschwollen. Monözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben ausgehend; ihre Seitentriebe nicht selten karpogonien- oder spermatangientragend. Trichogyne ellipsoidisch oder eiförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, mehrere in jedem Wirtel.

Die Wirtel sind in den oberen Teilen des Sprosssystemes unbedeutend, aber deutlich aus einander gerückt, oder vollständig zusammenfließend, im ersteren Falle ellipsoidisch im letzteren Falle mehr weniger zusammengedrückt mit abgerundeten Aussenseiten. In den unteren Teilen des Sprosssystemes sind die Wirtel immer vollständig zusammenfließend.

Die primären Kurztriebe bestehen aus einer zylindrischen, unten etwas angeschwollenen Basalzelle, die 2—5 in der Regel 3 Seitentriebe trägt. Der mittlere von diesen Trieben besteht in seinen unteren

Teilen aus zylindrischen oder an der Mitte etwas zusammengezogenen Zellen, die 6–9 μ breit, und 4–6 mal so lang wie breit sind. In den mittleren Teilen dieser Triebe werden die Zellen kürzer, behalten aber

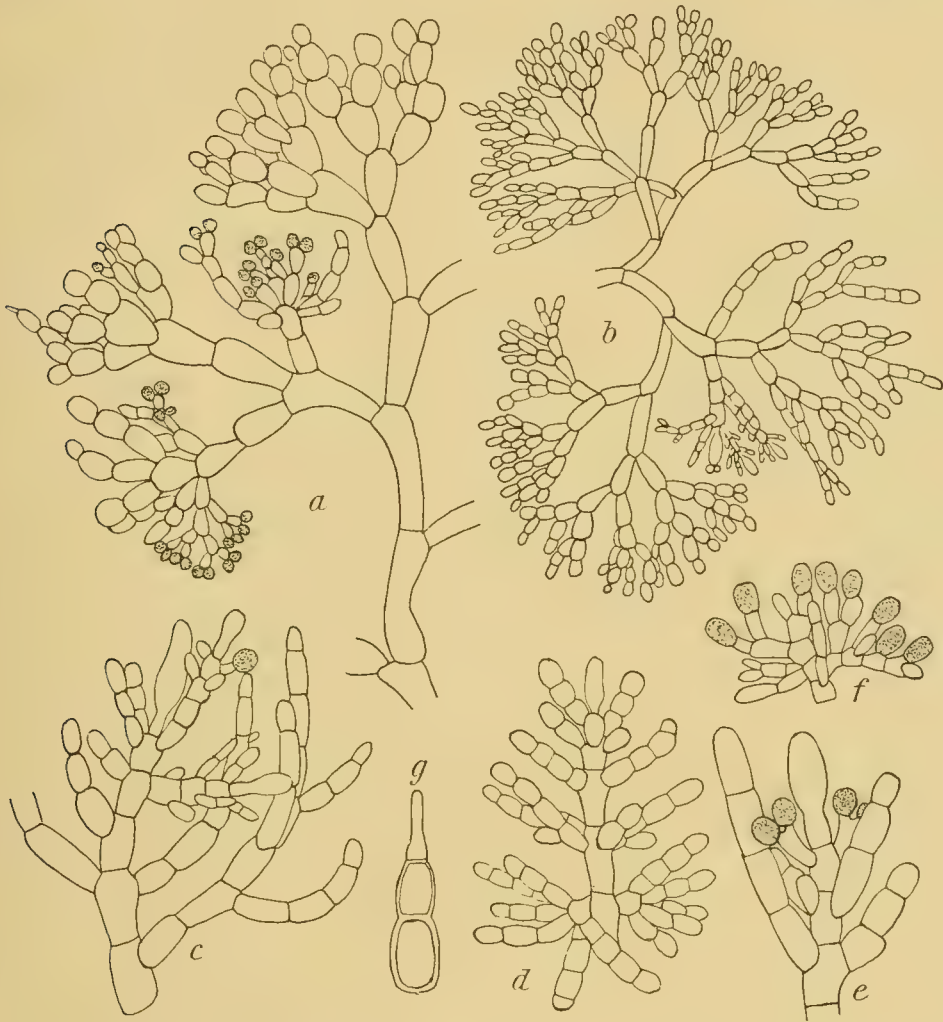


Fig. 9. *Batrachospermum distensum*. a–b) Primäre Kurztriebe; c–e) Karpogonäste; f) Teil eines Gonimoblastes; g) Haarbildung. Vergr. a 350 mal, b 190 mal, c 480 mal, d 350 mal; e 850 mal, f 350 mal, g 850 mal.

dieselbe Breite wie früher; in den oberen Teilen werden sie birnförmig, eiförmig bis beinahe kugelförmig; der Durchmesser der Zellen ist hier etwas grösser als in den unteren Teilen dieser Triebe.

Die übrigen Seitentriebe der Basalzelle sind auf dieselbe Weise wie der mittlere aufgebaut. Die Vergrößerung des Durchmessers der oberen Zellen der Triebe im Vergleich mit dem der unteren Zellen ist hier aber geringer, und nicht selten wird der Durchmesser gar nicht vergrößert. — Die Triebe der Basalzelle sind reich verzweigt und ihre Seitentriebe sind in der Regel nach aller Richtungen ausgebreitet. Die Endtriebe sind oft in dichten Büscheln geordnet, und verdünnen sich in der Regel gegen die Spitze zu.

Die Berindungsfäden sind sehr zahlreich, aber oft lose mit einander verflochten. Sekundäre Kurztriebe fehlen, oder sind sehr spärlich; am frühesten werden sie auf dem mittleren Teile der Internodien ausgebildet.

Die Art ist monözisch. Die Spermatangien sitzen am öftesten auf büschelig verzweigten Triebssystemen auf den primären Kurztrieben, bisweilen auf den Seitentrieben der Karpogonäste.

Die Karpogonäste gehen von den primären Kurztrieben aus, und sind mit kurzen Seitentrieben versehen, deren Anzahl in hohem Grade variiert. Die Trichogyne ist ellipsoidisch oder eiförmig, nicht selten unregelmässig sichelförmig gebogen. Auch die Seitentriebe der Karpogonäste können Karpogone tragen. Die kleinen, abgerundeten Gonimoblaste sind in den Wirteln zerstreut.

Die *Chantransia*-Form dieser Art ist nicht beobachtet worden.

Die hier neu beschriebene Art, *B. distensum*, gehört der Gruppe Helminthoidea an. Die Arten, die dieser Gruppe angehören, sind monözisch, diözisch oder polygam. Die in Rede stehende Art ist monözisch, und ihre nächsten Verwandten wären demnach *B. helminthosum* und *B. Crouanianum*. Die letztere dieser beiden Arten trägt nach der Beschreibung SIRODOTS keine Spermatangien auf den Seitentrieben der Karpogonäste, was *B. helminthosum* dagegen tut.

Als Unterschiede zwischen *B. distensum* und *B. helminthosum* mögen erwähnt werden, das die Zellen im unteren Teile der primären Kurztriebe bei *B. distensum* 4—6 mal so lang wie breit sind, bei *B. helminthosum* dagegen 6—12 mal, ferner dass die Seitentriebe der Kurztriebe bei *B. distensum* sich stark nach allen Richtungen ausbreiten, bei *B. helminthosum* dagegen nicht; dieser Unterschied hat zur Folge, dass das habituelle Aussehen der primären Kurztriebe bei den beiden Arten sehr verschieden ist (vgl. die Abbildungen Fig. 8 a und Fig. 9 b).

Die Spermatangien sitzen bei *B. distensum* oft auf besonderen, büscheligen Triebsystemen, bei *B. helminthosum* dagegen auf den Spitzen der primären Kurztriebe. Die Seitentriebe der Karpogonäste sind bei *B. distensum* nicht selten karpogonientragend, bei *B. helminthosum* ist etwas solches nicht beobachtet worden.

Eine Begrenzung muss aber auch gegenüber den monözischen Exemplaren von der polygamen Art *B. anatinum* Sirod. ausgeführt werden. Hinsichtlich des Aufbaus der primären Kurztriebe stimmt *B. anatinum* mit *B. helminthosum* überein, und gilt demnach derselbe Unterschied zwischen *B. distensum* und *B. anatinum*, welcher schon für *B. distensum* und *B. helminthosum* hervorgehoben worden ist. Bei *B. distensum* sind ferner die Wirtel zwar unbedeutend, jedoch oft deutlich aus einander gerückt, bei *B. anatinum* dagegen immer vollständig zusammenfließend. Sekundäre Kurztriebe fehlen bei *B. distensum* oder sind sehr spärlich, bei *B. anatinum* sind sie dagegen zahlreich. *B. anatinum* ist bedeutend gröber und fester gebaut als sowohl *B. helminthosum* wie *B. distensum*.

Die Art kommt in Bächlein mit mehr weniger schnell fließendem Wasser vor. — Fertil im Juli—August.

Fundorte:

Skåne: Nösååla,

Småland: Åsvallahult,

Dalsland: Tångelanda.

Batrachospermum Boryanum SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 246; WITTRÖCK et NORDSTEDT, Alg. exsicc., Nr 1006.

Thallus 2—10 cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Gelbe bis Gelbgrüne; stark gallertig; in der Regel reich, allseitig verzweigt. Wirtel zusammenfließend oder wenig aus einander gerückt. Sekundäre Kurztriebe spärlich bis mehr weniger zahlreich. Berindungsfäden zahlreich, lose verflochten. Haare spärlich, kurz, an der Basis unbedeutend angeschwollen. Diözisch. Karpogonäste von den primären Kurztrieben, seltener von den Berindungsfäden ausgehend, ihre Seitentriebe bisweilen karpogonientragend. Trichogyne ellipsoidisch oder eiförmig. Gonimoblaste klein, abgerundet, mehrere in jedem Wirtel.

Die *Chantransia*-Form bildet 1—1,5 mm hohe Büschel. Die aufrechten Fäden sind unregelmässig, reich verzweigt, und die Zweigspitzen oft haartragend. Die nur einmal beobachteten *Chantransia*-Individuen waren spärlich mit Sporangien versehen. Junge *Batrachospermum*-Pflanzen wurden nicht beobachtet.

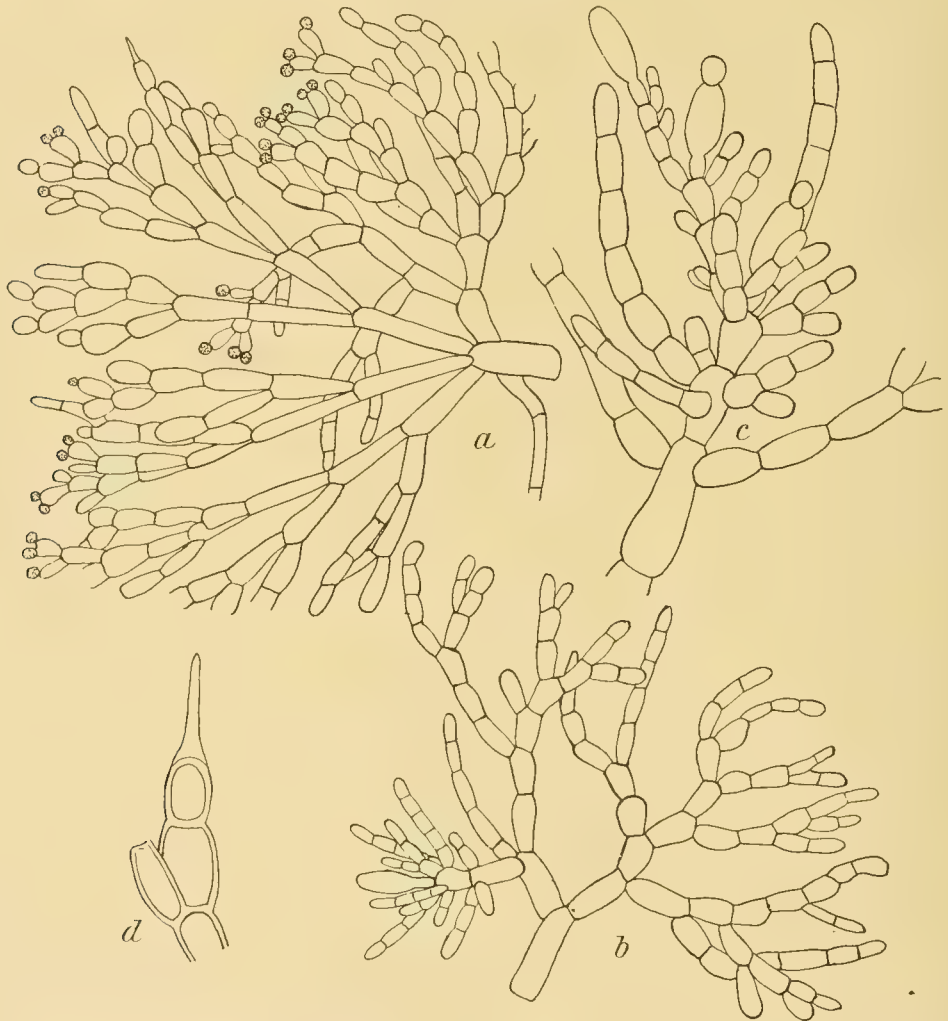


Fig. 10. *Batrachospermum Boryanum*. a) männlicher, primärer Kurztrieb; b) weiblicher, primärer Kurztrieb; c) Karpogonast mit trichogyntragenden Seitentrieben; d) Haarbildung. Vergr. a—b 350 mal, c 480 mal, d 850 mal.

Die Art ist in Bächlein mit langsam fliessendem Wasser gefunden worden. — Fertil Maj—August.

Fundorte:

Skåne: Höör'; Benestad (R.); Harlösa (L.)

Gotland: Hörsne (R.)

Västergötland: Borås (oben angeführtes Exsiccaterk.)

Jämtland: Hismofors.

Batrachospermum anatinum SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 249.

Thallus 4—15(—20—40) cm hoch; grau mit einem Stich ins Braune oder Gelbe; stark gallertig; oft spärlich, allseitig verzweigt. Wirtel vollständig zusammenfließend.

Fig. 11. *Batrachospermum anatinum*. a—b) Karpogonäste; c) primärer Kurztrieb.

Vergr. a 480 mal, b 850 mal, c 350 mal.

menfließend. Sekundäre Kurztriebe zahlreich; Berindungsfäden zahlreich, fest verflochten. Haare spärlich, kurz, an der Basis unbedeutend angeschwollen. Polygam. Karpogonäste von den primären Kurztrieben, seltener von den Berindungsfäden ausgehend, ihre Seitentriebe bisweilen spermatangien- oder karpogonientra-

gend. *Trichogyne* mehr weniger langgestreckt eiförmig bis ellipsoidisch. *Gonimoblaste* klein, abgerundet, mehrere in jedem Wirtel.

Diese Art habe ich nur einmal gefunden; sie kam in einem Bächlein mit schnell fliessendem Wasser vor. Alle eingesammelten Individuen waren weiblich; sie waren verhältnissmässig klein, nur etwa 4 cm hoch; reich karpogonientragend, doch wurde kein befruchtetes Karpogon beobachtet. — Fertil im August.

Fundorte:

Småland: Moheda.

***Batrachospermum Dillenii* BORY.**

SIRODOT, Les *Batrachospermes*, S. 254; WITTRÖCK et NORDSTEDT, *Alg. exsicc.*, Nr 1352.

Thallus 2—5 cm hoch; dunkel olivgrün, nach dem Trocknen schwarz werdend; unbedeutend gallertig; sehr reich, allseitig verzweigt. Wirtel klein, wenig ausgebildet; primäre Kurztriebe aus 4—5, kurzen, abgerundeten Zellen bestehend; sekundäre Kurztriebe zahlreich, aus 1—3(—4), kurzen, abgerundeten Zellen bestehend. Berindungsfäden zahlreich. Haare verhältnissmässig lang, zahlreich. Diözisch. Karpogonäste aus wenigen Zellen bestehend, von den Basalzellen der primären Kurztriebe, seltener von den Berindungsfäden ausgehend. *Trichogyne* keulenförmig. *Gonimoblaste* verhältnissmässig gross, warzenähnliche Erhöhungen auf den Wirteln, seltener zwischen ihnen bildend.

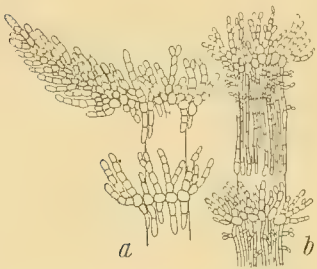


Fig. 12. *Batrachospermum Dillenii*. Junge Internodien

Vergr. a 160 mal,
b 70 mal.

Zwei Mal in Bächlein mit fliessendem Wasser beobachtet; kam auf beiden Stellen in grossem Individuenreichtum vor. — Fertil im April, im Juni—August.

Fundorte:

Skåne: Höör; Sätöfta.

***Batrachospermum Gallæi* SIROD.**

SIRODOT, Les *Batrachospermes*, S. 256.

Thallus 2—5 cm hoch; dunkel olivgrün, nach dem Trocknen schwarz werdend; unbedeutend gallertig; sehr reich, allseitig verzweigt. Wirtel klein, wenig

ausgebildet; primäre Kurztriebe aus 4—5, kurzen abgerundeten Zellen bestehend; sekundäre Kurztriebe zahlreich, aus 1—3(—4), kurzen, abgerundeten Zellen bestehend. Berindungsfäden zahlreich. Haare verhältnissmässig lang, zahlreich. Monözisch. Karpogonäste aus wenigen Zellen bestehend, von den Basalzellen der primären Kurztriebe, oder von den Berindungsfäden ausgehend. Trichogyne keulenförmig. Gonimoblaste verhältnissmässig gross, warzenförmige Erhöhungen auf den Wirteln, oder zwischen ihnen bildend.

Diese Art ist von der vorhergehenden hauptsächlich nur dadurch zu unterscheiden, dass sie monözisch ist, während die vorhergehende diözisch ist. Ausserdem sind die von den Berindungsfäden ausgehenden Karpogonäste bei *B. Gallæi* zahlreicher als bei *B. Dillenii*, und deshalb gibt es auch bei *B. Gallæi* mehr Gonimoblaste zwischen den Wirteln als bei *B. Dillenii*. Die Spermatangien sitzen bei beiden Arten sowohl auf den primären als auf den sekundären Kurztrieben; sie kommen aber bei *B. Gallæi* oft recht spärlich vor, und niemals so reichlich wie bei den männlichen Individuen von *B. Dillenii*.

Im Bächlein mit fliessendem Wasser beobachtet; oft in grossem Individuenreichtum. — Fertil Juni—August.

Fundorte:

Skåne: Tyringe.

Blekinge: Nätraby-å (R.)

Västergötland: Sandhem (L.)

Bohuslän: Eriksfors in der Nähe von Uddevalla.

Dalsland: Tångelanda.

Uppland: Ekebysjön (R.).

Batrachospermum vagum (ROTH) Ag.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 259.

Thallus 2—20 cm hoch; grün mit einem Stich ins Blaugrüne, Gelbgrüne oder Olivgrüne; mehr weniger gallertig; reich, unregelmässig verzweigt. Wirtel nur auf den jüngsten Ästen aus einander gerückt, übrigens wegen der zahlreichen sekundären Kurztriebe zusammenfliessend. Haare verhältnissmässig lang, mehr weniger zahlreich. Monözisch. Karpogonäste aus 7—14 kurzen Zellen bestehend, von den Basalzellen der primären Kurztriebe ausgehend, und mit zahlreichen, kurzen Seitentrieben versehen, die aus 2—5 abgerundeten Zellen bestehen. Trichogyne umgekehrt kegelförmig. Gonimoblaste gross, in der Regel nur einer in jedem Wirtel.

a flagelliforme Sirod.

SIRODOT, a. a. O., S. 263; *B. vagum* WITTRÖCK et NORSTEDT, Alg. exsicc., N:o 102.

Stark gallertig; Zweige verhältnissmässig grob; ausgebildete Gonimoblaste zahlreich.

β keratophytum (Bory) Sirod.

SIRODOT, a. a. O., S. 264; *B. vagum* ARESCHOU, Alg. Scand. exsicc., Nr 258; *B. vagum β keratophytum* WITTRÖCK et NORSTEDT, Alg. exsicc., Nr 103; *B. suevorum* RABENHORST, Alg. Europ., Nr 1945.

Weniger gallertig und mit feineren Zweigen als die vorhergehende Form; es gibt Karpogone, die Gonimoblaste werden aber sehr selten ausgebildet. Vermehrung mittels Monosporen. Bleibt oft steril.



Fig. 13. *Batrachospermum vagum*.
Primärer Kurztrieb
mit einem Karpogonast. Vergr.
160 mal.

SIRODOT erwähnt eine besondere Form *B. vagum* **suevorum*. Sie scheint mir aber nicht von *B. vagum β keratophytum* verschieden zu sein, und ich habe sie deshalb mit dieser vereinigt.

B. vagum kommt in solchen Bächlein oder Seen vor, deren Wasser aus Gegenden stammt, die reich an Torfmooren und Sümpfen sind. Ich selbst habe sie nur bei wenigen Gelegenheiten beobachtet, aber nach den Sammlungen zu urteilen, die ich durchmustert habe, ist sie in Schweden sehr gemein. — Mit Gonimoblasten im August; mit Sporangien im Juni—August.

Fundorte:

B. vagum a flagelliforme

Bohuslän: Krokstad (oben angeführtes Exsiccaturwerk)

Värmland: Kristinehamn (B.)

B. vagum β keratophytum

Blekinge: Gredby (U.); Nätraby-å (R.); Hoby (L.); Ronneby (L.)

Halland: Släp (U.)

Göteborg: Hissingen (R.)

Bohuslän: Lur (R.); Vetterlanda (R.); Romelanda (R.); Nafverstad (R.); Lyse (R.); Kynnefjäll (R.)

Småland: Svenarum (U.); Möckeln (U.); Lamhult (R.); Unnaröd (R.); Huseby (R.); Jönköping (L.); Lillasjön (CARLSON).

Västergötland: Ornunga; Floda (L.) Mösseberg (L.)

Dalsland: Gunnarsnäs (R.)

Värmland: Geijersholm (R.)

Uppland: Stafs näs (B.)

Dalarna: Ore; Thurbo (R.)

Helsingland: Forsa (R.)

Herjedalen: Sveg.

Jämtland: Handöl (B.)

Västerbotten: Rataskär (R.)

Pite Lappmark: Arvidsjaur (U.)

Torne Lappmark: zwischen Njutun und Vassijaure (B.)

Batrachospermum virgatum (KÜTZ) SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 286.

Thallus 2—3 (—4) cm hoch; grün mit einem Stich ins Blaugrüne; mehr weniger gallertig; mehr weniger reich, allseitig verzweigt. Wirtel aus einander gerückt oder zusammenfliessend. Sekundäre Kurztriebe in der Regel spärlich. Haare

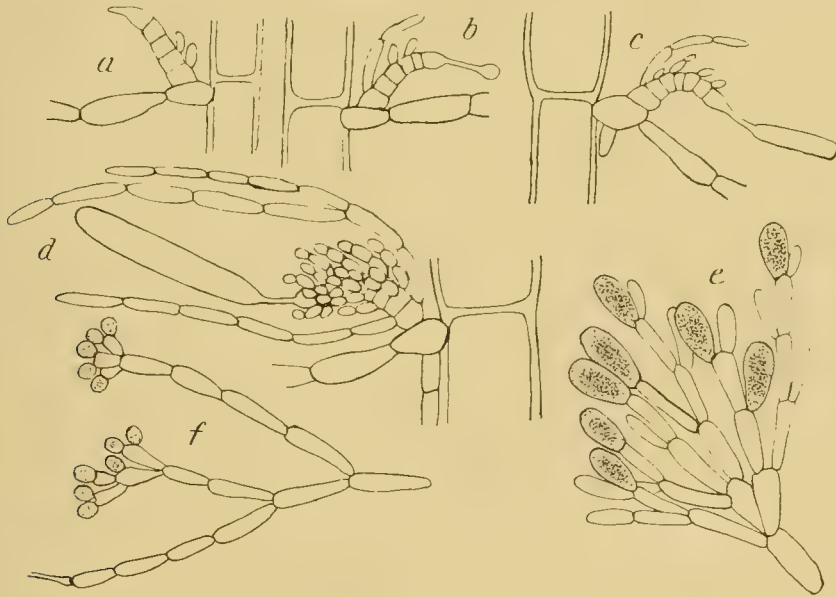


Fig. 14. *Batrachospermum virgatum*. a—d) Ausbildung der Karpogonäste; e) Teil eines Gonimoblastes; f) spermatangientragende Äste. Vergr. a—d 480 mal, e 350 mal, f 450 mal.

selten, kurz, an der Basis angeschwollen. Monözisch. Karpogonäste 4—12-zellig, nur von den Basalzellen der primären Kurztriebe ausgehend, oft bogenförmig nach unten gekrümmt; ihre oberen Zellen mit kurzen, 2—3-zelligen Seitentrieben, ihre ein oder zwei unteren Zellen mit langen, mehrzelligen Seitentrieben versehen. Trichogyne zylindrisch, lang gestielt. Gonimoblaste gross, sehr selten mehr als einer in jedem Wirtel.

Zusammen mit dieser Art fand ich einmal (Värmland: Grums) eine *Chantransia*-Form, die wahrscheinlich dieser Art angehört. Die Individuen sind etwa 2 cm hoch; die aufrechten Fäden unten unverzweigt, oben verzweigt; die Zellen im unteren Teile der Fäden etwa $1\frac{1}{2}$ mal, im oberen Teile etwa 3 mal so lang wie breit; das obere Drittel der aufrechten Fäden mit sporangientragenden Kurztrieben versehen.

Die Art wurde in vereinzelt Individuen in Bächlein mit verhältnissmässig langsam fliessendem Wasser gefunden. — Fertil im Juni—August.

Fundorte:

Bohuslän: Eriksfors und Groderöd in der Nähe von Uddevalla.

Dalsland: Åmål

Värmland: Grums.

Batrachospermum testale. SIROD.

SIRODOT, Les Batrachospermes, S. 284.

Thallus 2—4 cm hoch; grün mit einem Stich ins Blaugrüne; mehr weniger gallertig; mehr weniger reich, allseitig verzweigt. Wirtel aus einander gerückt oder zusammenfliessend. Sekundäre Kurztriebe in der Regel spärlich. Haare selten, kurz, an der Basis angeschwollen. Diözisch. Karpogonäste 3—6-zellig, nur von den Basalzellen der primären Kurztriebe ausgehend; ihre oberen Zellen mit kurzen, 2—3-zelligen Seitentrieben, ihre ein oder zwei unteren Zellen mit langen, mehrzelligen Seitentrieben versehen. Trichogyne zylindrisch, lang gestielt. Gonimoblaste gross, sehr selten mehr als einer in jedem Wirtel.

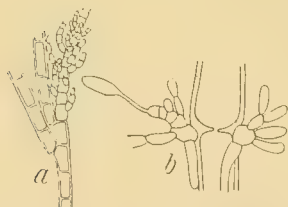


Fig. 15. *Batrachospermum testale*. a) *Chantransia*-Faden mit einer jungen *Batrachospermum*-Pflanze; b) Karpogonast (Trichogyne noch nicht vollkommen ausgebildet und deshalb ellipsoidisch). Vergr. a 160 mal, b 70 mal.

B. testale unterscheidet sich von *B. virgatum* hauptsächlich nur dadurch, dass die erstere Art diözisch, die letztere dagegen monözisch ist. Die Karpogonäste bestehen in der Regel bei *B. virgatum* aus einer grösseren Anzahl Zellen als bei *B. testale*.

Einmal (Skåne: Höör) fand ich zusammen mit dieser Art eine *Chantransia*-Form, welche mit der Beschreibung übereinstimmt, die SIRODOT von der *Chantransia*-Form von *B. testale* gibt. Die Ende Juli eingesammelten Exemplare waren nur spärlich sporangientragend, in den obersten Tei-

len der Triebe gab es aber mehrere leere Sporangienhülsen. Die etwa 2 mm hohen aufrechten Fäden waren unten unverzweigt, oben verzweigt. Die Zellen waren im unteren Teile der Fäden ebenso lang wie breit, im oberen Teile dagegen 2—3 mal so lang wie breit. Zweigspitzen hie und da haartragend.

Unter dem Namen *B. bruziense* hat SIRODOT (a. a. O., S. 281) eine *B. testale* nahestehende Art beschrieben. Der Unterschied wäre, dass die *Chantransia*-Form von *B. testale* etwa 2 mm hoch und mit haartragenden Zweigspitzen versehen sei, die *Chantransia*-Form von *B. bruziense* dagegen 6—8 mm hoch sei und keine haartragende Zweigspitzen besitze. Ohne *Chantransia*-Formen wäre demnach eine sichere Bestimmung nicht möglich. An vier verschiedenen Stellen habe ich Exemplare gefunden, die zu *B. testale* gestellt worden sind, nur an einer dieser Stellen habe ich aber die *Chantransia*-Form angetroffen. Nach SIRODOT wären demnach die Exemplare von den übrigen Stellen unbestimmbar. Es scheint mir indessen kaum berechtigt zwei Arten von einander zu trennen, die sich nur durch einige, wie es mir scheint, unwesentliche (und vielleicht zufällige) Verschiedenheiten der *Chantransia*-Formen unterscheiden.

Mit diesen beiden Arten nahe verwandt sind auch zwei andere von SIRODOT beschriebenen Arten, nämlich *B. viride* und *B. graibussoniense* (a. a. O., S. 276 und 278). Die sporangientragenden Kurztriebe der *Chantransia*-Formen sollen bei den beiden letzteren Arten längs der oberen Hälfte der aufrechten Fäden sitzen, bei den beiden ersteren dagegen an den Spitzen der aufrechten Fäden. Auch diese Verschiedenheiten scheinen mir etwas zu unbedeutend, um das Unterscheiden verschiedener *Batrachospermum*-Arten zu rechtfertigen, die als ausgebildete *Batrachospermum*-Pflanzen nicht von einander zu unterscheiden sind.

B. testale ist in vereinzelt Individuen in Bächlein mit verhältnismässig langsam fließendem Wasser gefunden worden. — Fertil im Juli und August.

Fundorte:

Skåne: Höör; Tyringe; Nösåla.

Värmland: Fagerås.

Sirodotia NOV. GEN.

Frons mucosa, filiformis, ramosa, verticillos ramulorum certis distantis gerens; axis ramique articulati, articuli rhizoideis corticati; antheridia in apicibus ramulorum evoluta; ramuli carpogoniferi saepius e cellulis basalibus ramulorum verticillorum orientes, e 2—5 cellulis consistentes; pars basalis carpogonii protuberantia haemisphaerica ornata; trichogynum cylindraceum, breviter pedicellatum; gonimoblasti minus definiti, non globosi, e filamentis in strato corticali reptantibus et ramulos sporogeniferos gerentibus consistentes. Tetrasporangia ignota.

Thallus gallertig, verzweigt; Zweige fadenförmig; Langtriebe aus einem centralen Zellfaden bestehend, welcher mit Berindungsfäden versehen ist und Kurztriebzwertel in gleichem Abstände trägt. Spermatangien an den Spitzen der Kurztriebe. Karpogonäste am öftesten von den Basalzellen der Kurztriebe ausgehend, aus 2—5 Zellen bestehend; Karpogoncnbauch mit einer halbkugelförmigen Anschwellung versehen. Trichogyne zylindrisch, kurz gestielt. Gonimoblaste unbegrenzt, nicht kugelförmig, aus zwischen den Berindungsfäden kriechenden Fäden bestehend, von denen die sporangientragenden Äste ausgehen. Tetrasporangien nicht bekannt.

Sirodotia suecica NOV. SP.

Batrachospermum vagum var. *Dillenii* ARESCHOUG, Alg. Scand. exsicc., N:r 307; *B. Dillenii* WITTRÖCK et NORDSTEDT, Alg. exsicc., N:r 1351 a.

Frons monoica, glauca-viridis, parce mucosa, 3—8 cm alta, alterne ramosa, saepe ramosissima; verticilli minuti, oculo nudo vix conspicui; filamenta interverticillaria brevia, numerosa, mox totum internodium obtegentia; pili nulli aut rarissimi.

Thallus 3—8 cm hoch; grün mit einem Stich ins Blaugrüne, Dunkelgrüne oder Hellgrüne; sehr reich allseitig verzweigt. Kurztriebzwertel klein, bald vollkommen zusammenfließend. Primäre Kurztriebe mehr weniger reich verzweigt; sekundäre Kurztriebe oft unverzweigt. Berindungsfäden zahlreich. Haare fehlen oder sind sehr spärlich. Monözisch.

Hinsichtlich der Beschreibung der Spermatangien, der Karpogone und der Ausbildung der Gonimoblaste möge auf S. 7 verwiesen werden.

Von dieser Art gibt es gröbere und feinere Formen. Die gröberen haben in der Regel kürzere und kräftiger berindete Internodien als die feineren. Die primären Kurztriebe sind bei den ersteren etwas grösser und reicher verzweigt als bei den letzteren. Die Farbe der gröberen Formen ist mehr dunkelgrün, die der feineren mehr hellgrün. Die beiden Formen sind indessen durch Zwischenformen mit einander verbunden, und man findet nicht selten Formen, die eine vollkommene Zwischenstellung einnehmen.

Diese Art scheint in Schweden gar nicht selten zu sein. Sie kommt in Bächlein mit mehr weniger schnell fließendem Wasser vor, oft in grossem Individuenreichtum an derselben Stelle. — Fertil im Juli und August.

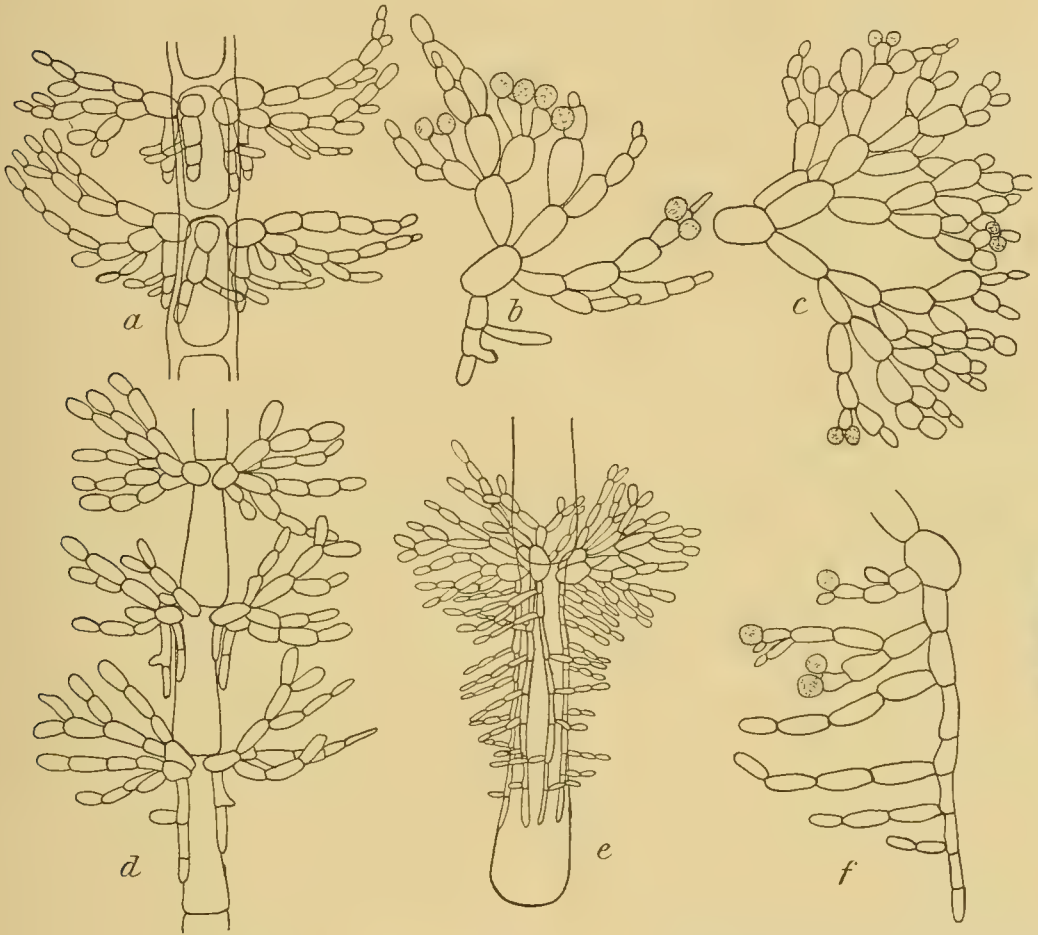


Fig. 16. *Sirodotia suecica* a) Junges Internodium; b—c) primäre Kurztriebe; d) junges e) etwas älteres Internodium; f) Berindungsfaden mit spermatangientragenden sekundären Kurztrieben. Die Figuren a—c gehören der gröberen Form, d—f der feineren Form an. Verg. a 350 mal, b 480 mal, c—d 350 mal, e 190 mal, f 480 mal.

Fundorte:

Skåne: Osby.

Småland: Alfvestad; Hjortsberga; Åsvallahult; Moheda; Sunnansjö (U.); Unnaryd (R.)

Bohuslän: Fossum und Eriksfors in der Nähe von Uddevalla.
Dalsland: Töftedal (WITTROCK und NORDSTEDTS Exsiccatawerk).
Värmland: Lindfors; Mokärshyttan (U.)
Dalarne: Östanvik.
Gestrikland: Ockelbo.
Helsingland: Ljusdal.

Literaturverzeichnis.

- BRAND, FR., Über Chantrelaria und die einschlägigen Formen der bayrischen Hochebene.
Hedwigia. 36. 1897.
—, Über Batrachospermum. Bot. Centralbl. 61. 1895.
— —, Über die Süßwasserformen von Chantrelaria (DC) Schmitz. Hedwigia. 49. 1910.
PETER, A., Über die Pleomorphie einiger Süßwasseralgen. Bot. Centralbl. 33. 1888.
SIRODOT, L., Les Batrachospermes. Paris 1884.
SIMMONS, H. G., Algologische Notizen I. Bot. Not. 1898.
-

NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. 3. N. 4.

DER KOLLOIDE SCHWEFEL

VON

SVEN ODÉN.

(DER KÖNIGLICHEN SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 3. MAI 1912.)

UPSALA 1913
AKADEMISCHE BUCHDRUCKEREI
EDV. BERLING.

INHALT.

	Seite.
Vorwort	1
Kap. I. Literaturverzeichnis	5
Kap. II. Geschichtliches	13
Kap. III. Darstellung und Reinigung	29
1. Allgemeine Darstellungsmethoden	30
2. Darstellung von Schwefelsolen mit Teilchen gleicher Grösse (Fraktionierte Koagulation.)	55
3. Reinigung der Sole	65
Anhang: Die angewandten Analysenmethoden	70
Kap. IV. Eigenschaften	73
1. Allgemeines	74
2. Dichte	79
3. Thermischer Ausdehnungskoeffizient	82
4. Innere Reibung	85
5. Oberflächenspannung	106
6. Diffusion, Dialyse und osmotischer Druck	109
7. Farbe und ultramikroskopisches Verhalten	112
8. Lichtbrechung	115
Kap. V. Die Veränderungen	117
1. Orientierende Versuche über Einwirkung von Salzen bei kon- stanter Temperatur	118
2. Salzbindungsvermögen des Koagulums	126
3. Quantitativer Verlauf der Koagulation unter Verwendung von Chlornatrium als Koagulator	137
4. Quantitative Versuche über die dispergierenden Wirkungen der Anionen	148
5. Vergleich der Koagulationswirkungen verschiedener Salze	154
6. Gültigkeitsbereich des Exponentialgesetzes für das Temperatur- gleichgewicht der Sole	159
7. Verschiedene Einflüsse auf die Werte der Konstanten des Expo- nentialgesetzes	162
8. Einfluss der Temperatur auf das Gleichgewicht ungleichkörni- ger Sole	162

	Seite.
9. Verschiebung der Schwellenwerte mit der Temperatur . . .	170
10. Ausbildung von Schwefelkristallen in den Solen	173
11. Irreversible Koagulation	175
12. Veränderungen der Sole infolge Übergangs des Schwefels in eine andere Modifikation	177
13. Veränderungen der Sole infolge Bildung von Schwefelverbind- ungen	183
14. Theoretisches über die Elektrolytkoagulation	186

VORWORT.

In folgender Abhandlung sind meine seit drei Jahren betriebenen Untersuchungen über den kolloiden Schwefel und seine Eigenschaften zusammengefasst.

Die erste Veranlassung zur Ausführung dieser Arbeiten verdanke ich meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. THE SVEDBERG, der mir die nähere Fortsetzung seiner Arbeit über das Gleichgewicht: Kolloider Schwefel + Kristalloidlösung überliess.

Als Resultat dieser ersten Arbeiten erschien im Frühjahr 1910 in Kungl. Svenska Vetensk.-Akad. Arkiv f. Kemi, Mineralogi och Geologi meine Arbeit »Experimentella Studier öfver Kristalloiders inverkan på kolloidalt Svafvel», worin das Gleichgewicht bei konstanter Temperatur, sowie die Einwirkungen verschiedener Elektrolyten behandelt wurden.

Bei der Fortsetzung dieser meiner Arbeiten stiess ich jedoch, wie es so oft beim Arbeiten mit Kolloiden der Fall ist, auf Widersprüche und Ungleichheiten in verschiedenen Versuchsreihen, und erst nachdem ich die grosse Bedeutung der Teilchengrösse und die Verteilung derselben in den Solen erkannt hatte, und durch die »Fraktionierte Koagulation» eine Methode ausgearbeitet wurde, die Teilchen einer gewissen Grösse abzutrennen und zu isolieren, gelang es mir, die Verhältnisse von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu beherrschen und in gesetzmässiger Weise zusammenzufassen.

Beim Arbeiten mit diesem Kolloid konnte ich nicht umhin, zu bemerken, wie sehr gerade dieses System zur näheren Klarlegung der Eigenschaften und Wandlungen der Kolloide im allgemeinen geeignet ist, wozu seine grosse Stabilität und die Möglichkeit, sehr konzentrierte Sole herzustellen, beiträgt. Es wurde daher der ursprüngliche Rahmen meiner Forschungen während des Ganges der Arbeit mehrmals erweitert,

und wenn ich nun schliesslich die Resultate in Form einer Monographie über den kolloiden Schwefel zusammenzufassen wage, geschieht es in der Hoffnung, dass die vielseitige Erforschung eines bestimmten kolloiden Systems gerade für die allgemeine Kolloidchemie von Nutzen sein wird.

Allerdings bin ich mir dessen wohl bewusst, dass durch vorliegende Arbeiten der Gegenstand keineswegs erschöpfend behandelt ist und viele Abschnitte eine ausführlichere Behandlung erfordern, als wie sie ihnen zuteil geworden ist.

Vorliegende Arbeit ist in erster Linie eine *experimentelle* Durchforschung der Eigenschaften und Veränderungen der Schwefelhydrosole, wenngleich natürlich diese experimentellen Arbeiten ihrer Anlage nach darauf gerichtet sind, als Beiträge für die allgemeinen Theorien der Kolloide dienen zu können. Doch muss sich Verfasser bezüglich der allgemeinen kolloidchemischen Erklärungen mancher Phänomene, so vor allem der Koagulationserscheinungen, der besonders von R. ZSIGMONDY in seinem ausgezeichneten Werk »Kolloidchemie« geäusserten Ansicht anschliessen, dass »man nicht leicht so sehr der Gefahr ausgesetzt ist, durch Verallgemeinerung den Tatsachen Gewalt anzutun, ja unbewusst die Unwahrheit zu verkündigen, als auf dem Gebiete der Kolloidchemie, die eine grosse Zahl von Systemen zu behandeln hat, deren individuelle Eigenart nicht immer genügend berücksichtigt wird, vielleicht auch nicht genügend bekannt ist«, und es treten in dieser Schrift die theoretischen Gesichtspunkte im allgemeinen gegen die rein experimentellen Tatsachen zurück. Ebenso habe ich keine verallgemeinernden Schlüsse aus den Befunden in Bezug auf andere kolloide Systeme gezogen, obwohl in mancher Hinsicht besonders für die Kolloidchemie der Eiweisskörper mehrere hier hervorgehobene Gesichtspunkte, so vor allem die durch Ungleichkörnigkeit der Sole bedingten Anomalien, sich wahrscheinlich als von Bedeutung erweisen können.

Es mag künftiger Forschung vorbehalten bleiben, hier neues experimentelles Material in diesbezüglicher Hinsicht zu liefern.

*

*

*

Die experimentellen Arbeiten wurden hauptsächlich im hiesigen Institut für allgemeine Chemie ausgeführt. Dem Direktor dieses Instituts, Herrn Professor Dr. O. WIDMAN, sowie Herrn Professor Dr. D. STRÖMHOLM, meinen verehrten Lehrern, möchte ich für das grosse Interesse und Wohlwollen, das sie mir während meiner Untersuchungen und Arbeiten bewiesen haben, meinen ergebensten Dank aussprechen. Besonders für die Anschaffung einer grossen, elektrisch betriebenen Zentrifuge, wodurch meine Arbeiten wesentlich gefördert wurden, bin ich zu grossem Danke verpflichtet.

Einige physikalische Bestimmungen wurden in dem Laboratorium des hiesigen physikalischen Instituts ausgeführt. Für das Entgegenkommen, das mir dabei seitens des Direktors des Instituts, Herrn Professor Dr. G. GRANQVIST, gezeigt wurde, möchte ich auch hier gleichfalls bestens danken.

In ganz besonderer Weise fühle ich mich verpflichtet, meinem lieben Freunde und Lehrer, Professor Dr. THE SVEDBERG, für das stete Interesse, wodurch er in Rat und Tat meine Arbeiten gefördert hat, meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen. Nicht nur die erste Anregung, mich mit der Kolloidchemie zu beschäftigen, indem er mich zur Mithilfe beim Redigieren seines Buches »Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen« heranzog, wodurch ich unter seiner Leitung die beste Gelegenheit hatte, mich in die Probleme der Kolloidchemie zu vertiefen, und die Übertragung dieses ergiebigen Arbeitsgebietes, wobei von ihm begonnene und geplante Arbeiten teilweise von mir weitergeführt worden sind¹, verdanke ich ihm, sondern auch den wertvollsten Beistand bei der Anordnung und Ausführung meiner Versuche.

Herr Priv.-Doz. Dr. P. D. QUENSEL ist mir bei der Ausführung einiger kristallographischer Untersuchungen, Herr Mag. Phil. E. OHLON bei den Teilchenauszahlungen der Sole und Herr Mag. Phil. A. WESTGREN bei einigen Analysen behilflich gewesen. Den genannten Herren, sowie Herrn Lektor ERNST A. MEYER und Herrn A. WERNER, welche mich bei den sprachlichen Korrekturen und dem Korrekturlesen unterstützten, spreche ich hiermit meinen aufrichtigen Dank aus.

Chemisches Institut, Upsala, im August 1912.

SVEN ODÉN.

¹ So Arbeiten über innere Reibung des kolloiden Schwefels, über Einwirkung verschiedener Salzen.

KAPITEL I.

LITERATURVERZEICHNIS.

Literatur über kolloiden Schwefel chronologisch geordnet.¹

1. STAHL, G. E., Fundamenta Chymiae etc.
Pars III (Nürnberg 1747), S. 360 u. folg.
——, Traité du soufre, (traduit de l'Allemand).
Paris 1766. S. 70 u. f. 204 u. f.
2. SCHEELE, C. W., Efterlemnade Bref och anteckningar utg. af A. E. Nordenskiöld.
Stockholm 1892. Spez. die Auszüge der Laboratorienjournale auf S. 416 u. 448 (etwa 1770).
3. BERGMANN, TORBERN, Von künstlicher Verfertigung der warmen heilsamen Wasser.
Kleine Physische und Chymische Werke. I. Frankfurt am Mayn 1782.
Spez. S. 342.
4. FOURCROY, A. F., et de la PORTE, Analyse chimique de l'eau sulfureuse d'Enghien, pour servir à l'histoire des eaux sulfureuses en général.
Paris 1788. Vgl: Ann. de chim. **6**, 160—175 (1790).
5. FOURCROY, A. F., Système des connaissances chimiques.
Paris 1802 (Brumaire an 9). Tome I, S. 201 u. f.
6. LE VEILLARD, Ueber die Bildung des Schwefels auf dem feuchten Weg.
Crell's Chem. Annalen **1789: I**, 440—450 (1789).
7. BERTHOLLET, C. L., Observations sur l'hydrogène sulfuré.
Annales de chimie **25**, 233—272 (1798).
8. BERZELIUS, J. J., (Angaben über kolloiden Schwefel).
Lärobok i Kemien 1:sta uppl. Del I. Stockholm 1808. S. 120.

¹ Im Folgenden sind die Hinweise auf dieses Literaturverzeichnis durch Ziffern in eckigen Klammern [] angegeben. Hinweise auf andere Arbeiten, welche in gewissen Beziehungen zu den Forschungen des Verfassers stehen, ohne jedoch das spezielle System, den kolloiden Schwefel, zu behandeln, werden weiter unten in Fussnoten angeführt.

9. VOGEL, F. C., Versuche und Ansichten über die Natur der rauchenden Schwefelsäure, und über das Verhalten dieser Säure zum Schwefel und Phosphor.
Schweigger's Journal f. Chem. u. Physik **4**, 121—158 (1812).
10. DÖBEREINER, Ueber Schwefelwasser I. Ueber die Entstehung des Schwefelschlamms an Schwefelwasserquellen.
Schweigger's Journal f. Chem. u. Phys. **8**, 400—408 (1813).
11. SCHWEIGGER, J. S. C., Ueber Vogels blaue Schwefelsäure.
Schweigger's Journal f. Chem. u. Phys. **13**, 484—486 (1815).
12. BISCHHOF, G., Ueber die Verbindung des Schwefels mit Wasser.
Schweigger's Journal f. Chem. u. Phys. **43**, 392—398 (1825).
13. MAGNUS, G., Ueber die Eigenschaft der Schwefelsäure, oxydirbare einfache Körper aufzulösen, ohne dieselben zu oxydiren.
Ann. d. Physik **86**, 491—494 (1827).
14. WACKENRODER, H., Ueber eine neue Säure des Schwefels.
Archiv d. Pharm. **47**, 272—288. (1846) Ann. d. chim. et de physique (3) **20**, 144—162 (1847).
15. —, Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Pentathionsäure.
Archiv d. Pharm. **48**, 140—151 (1846).
16. SELMI, FR., Sopra il solfo precipitato.
Annali del Majocchi **15**, 88—91 (1844).
17. —, Proposta del solfo emulsionato come rimedio terapeutico.
Annali del Majocchi **15**, 212 (1844).
18. —, Fatti per servire alla storia del solfo e delle emulsioni inorganiche.
Annali del Majocchi **15**, 235—250 (1844). Atti Congr. Scienz. Ital. **1844**, 159—161 (1845).
19. —, Sur les différents états du soufre.
Ann. de Millon et Reiset **1846**, 48—49.
20. SELMI, FR. et SOBRERO, A., Memoria intorno ai prodotti della reciproca decomposizione degli acidi solforoso e solfidrico.
Mem. R. Accademia Torino (2) **11**, 407—412 (1849). Jahresberichte d. Chem. **1850**, 264. Journ. f. pr. Chem. **49**, 417—421 (1850). Liebig's Annalen **76**, 237—239 (1850) The Chemist (3) **1**, 301—303 (1849).
21. —, Sur les produits de la décomposition des acides sulfhydrique et sulfureux au sein de l'eau.
Ann. de chim. et de phys. (3), **28**, 210—214 (1850). Ann. de Millon et Reiset **1851**, 54—55. Annali del Majocchi (2) **1**, 121—125 (1850).
22. SELMI, FR., Intorno al solfo pseudosolubile, alla pseudosoluzione di esso ed al solfo molle.
Gazz. Piemontese 1851 Nr 262.

23. SELMI, FR., Sur le soufre pseudosoluble, sa pseudosolution et le soufre mou.
Journ. de pharm et de chimie (3) **21**, 418—426 (1852). Journ. f. prakt. Chem. **57**, 49—57 (1852).
24. —, Del solfo pseudosolubile e del solfo molle.
Torino 1852.
25. WÖHLER, F., Vermischte Beobachtungen. 3. Blauer Schwefel?
Liebig's Ann. **86**, 373—74 (1853). Jahresberichte **1853**, 324.
26. BERTHELOT, M., Recherches sur le soufre.
Ann. de chim. et de phys. (3) **49**, 430—476 Spez. S. 438, 464—468, (1857).
27. VOGEL fils, A., Sur une modification bleue du soufre.
Journ. de pharm. et de chimie. (3) **29**, 433—434 (1856).
28. NOELLNER, C., Ueber Blutlaugensalzfabrikation, das Schwefelcyan-
kalium und den blauen Schwefel.
Liebig's Ann. **108**, 8—20 (1858).
29. SCHIFF, H., Die Polysulfurete der Schwermetalle.
Liebig's Ann. **115**, 68—75 (1860). Jahresberichte **1860**, 82.
30. QUINCKE, G., Ueber die Fortführung materieller Theilchen durch
strömende Elektrizität.
Pogg. Ann. d. Physik **113**, 513—598 Spez. S. 573 (1861).
31. KNAPP, F., Ultramarinblau auf nassem Wege.
Journ. f. prakt. Chem. (2) **38**, 48—64 (1888).
32. STINGL, J., und MORAWSKI, TH., Ueber die Gewinnung von Schwefel
aus schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff.
Journ. f. prakt. Chem. (2) **20**, 76—105. (1879).
33. DEBUS, H., Chemical Investigation of Wackenroder's Solution and
Explanation of the Formation of its Constituents.
Journ. Chem. Soc. **53**, 278—357 (1888). Liebig's Ann. **244**, 76—189 (1888).
Chem. News **57**, 87 (1888).
34. ENGEL, R., Sur deux nouveaux états du soufre.
Compt. rend. **112**, 866—868 (1891).
35. GIL, C. J., Reaction, um die Anwesenheit freien Schwefels zu erkennen.
Zeitschr. f. analyt. Chem. **33**, 54—55 (1894).
36. LOBRY de BRUYN, C. A., L'état physique de substances insolubles
dans l'eau, formées dans un milieu de gélatine.
Rec. des trav. chim. des Pays-Bas. **19**, 236—249 (1900).
37. LOTTERMOSER, A., Ueber anorganische Colloide.
Ahren's Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge **6**, Heft 5/6 (Stutt-
gart 1901). S. 25.

38. ORLOW, N. A., Ein neuer Fall der Bildung von blauem (oder grünem) Wöhler'schem Schwefel.
Journ. russ. phys.-chem. Ges. **33**, 397—399 (1901). Chem. Centralblatt **1901: II**, 522.
39. —, Zur Frage über die Existenz der blauen oder grünen Modifikation des Schwefels.
Journ. russ. phys.-chem. Ges. **34**, 52—67 (1902). Chem. Centralblatt **1902: I**, 1264.
40. OSTWALD, WILH., Lehrbuch der allgemeinen Chemie.
2. Aufl. (Leipzig 1902). Bd. **II: 2**, S. 455—457.
41. LOBBY de BRUYN, C. A., Unlösliche anorganische Körper in colloïdaler Lösung.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **35**, 3079—3082 (1902).
42. QUINCKE, G., Die Oberflächenspannung an der Grenze wässriger Colloidlösungen von verschiedener Concentration.
Ann. d. Physik (4) **9**, 969—1045 (1902). Spez. S. 991—1009.
43. KRAFFT, F., u. MERZ, L., Ueber das Sieden von Schwefel, Selen und Tellur im Vacuum des Kathodenlichts.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **36**, 4344—4350 (1903).
44. BILTZ, W., u. GAHL, W., Ultramikroskopische Beobachtungen I. Ueber die Abscheidung des Schwefels aus der Thioschwefelsäure und des Selens aus der selenigen Säure.
Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen. Math.-Phys. Klasse **1904**, 300—310.
45. CHEM. FABRIK VON HEYDEN, AKT.-GES., Verfahren zur Herstellung von Schwefel oder Selen in kolloidaler, fester und haltbarer Form enthaltenden Präparaten.
(Patent) D. R. P. Kl. 12 p. Nr. 164664 vom $22/3$ 1904 ($28/10$ 1905).
46. RUFF, O. u. GEISEL, E., Das Sulfammonium und seine Beziehungen zum Schwefelstickstoff.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **38**, 2659—2667. (1905).
47. MÜLLER, E. u. NOWAKOWSKI, R., Herstellung colloïdaler Lösungen von Selen und Schwefel durch elektrische Verstäubung.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **38**, 3779—3781 (1905).
48. —, Ueber das kathodische Verhalten von Schwefel, Selen und Tellur II.
Zeitschr. f. Elektrochemie **11**, 931—936. (1905).
49. MANN, R., Verfahren zum Emulgieren von Asphalt, Fett, Pech, Teer, Schwefel, Harz, Erdwachs, Paraffin, Petroleum u. s. w. oder deren Gemengen durch Seife.
Österr. Patentaufgebot A. 2796/05 vom $25/5$ 1905.

50. SVEDBERG, THE, Ueber die elektrische Darstellung kolloidaler Lösungen II.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **39**, 1705—1714 (1906). Arkiv f. Kemi, Mineralogi och Geologi utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm **2**, Nr. 21, S. 14 (1906). Nova Acta reg. Soc. Scientiarum Upsaliensis (4) **2**, Nr 1, S. 86 (1907).
51. SPRING, W., Sur un hydrate de soufre.
Rec. des trav. chim. des Pays-Bas **25**, 253—259 (1906). Bull. Acad. Roy. Belg. **1906**, 452—456. Naturw. Rundschau **21**, 394 (1906).
52. PATERNÒ E., u. MAZZUCHELLI, A., Sul colore azzurro dello zolfo e di taluni suoi composti.
Atti R. Accademia d. Lincei Roma (5) **16**, 465—476 (1907). Gazz. Chim. Italiana **38**: I, 129—142 (1908).
53. VALETON, J. J. P., Ueber den Nachweis von Pentathionsäure in wässriger Lösung.
Chem. Weekblad **4**, 553—555 (1907).
54. MAILLARD, L., et DANLOS, H., A propos de l'introduction dans l'organisme du soufre colloïdal.
Compt. rend. de la Soc. Biol. **63**, 732 (1907).
55. JOSEPH, M., Über Sulphur colloïdale.
Dermatolog. Zentralblatt **10**, Nr. 12 (1907).
56. SCHADE, H., Kolloider Schwefel.
Koll.-Zeitschr. **2**, Suppl. I, 28. (1907).
57. SARASON, L., Verfahren zur Herstellung haltbarer Aufschwemmungen bezw. kolloidaler Lösungen von Schwefel.
(Patent) D. R. P. Kl. 12 i Nr. 216824 vom ²⁰/₁₁ 07 (³/₁₂ 09). m. Zusatzpatent D. R. P. Kl. 12 i Nr. 216825 vom ¹²/₉ 08 (³/₁₂ 09).
58. RAFFO, M., Ueber kolloiden Schwefel.
Koll.-Zeitschr. **2**, 358—360. (1908).
59. QUINCKE, G., Die Schaumstruktur des Schwefels und deren Einfluss auf Doppelbrechung, Dichroismus, elektrische Eigenschaften und Kristallbildung.
Ann. d. Physik (4) **26**, 625—711 (1908).
60. SVEDBERG, THE, Experimentelle Studien über ein neues Gleichgewichtssystem Kolloiden Schwefel + Kristalloïdlösung. I.
Arkiv f. Kemi, Mineralogi och Geologi utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm **3**, Nr. 18 (1909). Koll.-Zeitschr. **4**, 49—54 (1909).
61. HIMMELBAUER, A., Ueber ein Verfahren zur Darstellung von kolloidem Schwefel.
Koll.-Zeitschr. **4**, 307—308 (1909).

62. SATO, T., Ueber die Entstehung der Atherschwefelsäure im Organismus.
Zeitschr. f. physiol. Chem. **63**, 378—396 (1909).
63. SVEDBERG, THE, Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe.
(Dresden 1909). S. 238—252, 490—491.
64. ODÉN, S., Experimentella studier öfver kristalloiders inverkan på kolloidalt svafvel.
Arkiv f. Kemi, Mineralogi och Geologi utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm **3**, Nr. 31 (1910).
65. RAFFO, M. u. PIERONI, A., Ueber die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen kolloidem Schwefel und Silbersulfat.
Koll.-Zeitschr. **7**, 158—160 (1910).
66. LIESEGANG, RAPH. E., Die Farben des kolloiden Schwefels.
Koll.-Zeitschr. **7**, 307—308 (1910).
67. ODÉN, S., Ueber die Darstellung kolloider Schwefellösungen von verschiedenem Dispersitätsgrad durch fraktionierte Koagulation.
Koll.-Zeitschr. **8**, 186—193 (1911).
68. EPHRAIM, F., u. PIOTROWSKI, H., Ueber die Einwirkung von Schwefel und schwefelhaltigen Verbindungen auf Hydrazin.
Ber. d. dtsh. chem. Ges. **44**, 386—394 (1911).
69. v. WEIMARN, P. P., Elastischer kautschukartiger Schwefel.
Koll.-Zeitschr. **6**, 250—251 (1910).
70. —, u. KAHAN, J. B., Eine einfache, allgemeine Methode zur Herstellung eines beliebigen Körpers im Zustande fester kolloider Lösungen beliebigen Dispersitätsgrades, vom molekularen an.
Nachr. d. Berg-Instituts d. Kaiserin Katharina II **2**, 398 (1910) Koll.-Zeitschr. **8**, 214—216 (1911).
71. —, u. MALYSCHEW, B. W., Eine einfachste Methode zur Darstellung von P, S, Se und Te in kolloidem Zustand.
Vortrag d. russ. phys.-chem. Ges. 4. März 1910. Koll.-Zeitschr. **8**, 216 (1911).
72. RAFFO, M. u. MANCINI, J., Beitrag zur Kenntniss des kolloiden Schwefels. III.
Koll.-Zeitschr. **9**, 58—61 (1911).
73. ODÉN, S., Die Bedeutung des Dispersitätsgrades bei Untersuchung der allgemeinen Eigenschaften der Schwefelhydrosole.
Koll.-Zeitschr. **9**, 100—106 (1911).

74. OSTWALD, UEBER Farbe und Dispersitätsgrad kolloider Lösungen. 9. Schwefel.
Koll. Beihefte **2**, 447—457. (1911).
75. MAILLARD, L. C., Action du soufre colloïdal sur le métabolisme sulfuré; contribution à l'étude de la sulfoconjugaison.
Compt. rend. de l'Acad. des Sciences **152**, 1583—1586 (1911).
76. v. WEIMARN, P. P., Grundzüge der Dispersoidchemie.
(Dresden 1911). S. 68, 70—71.
77. ODÉN, S., Fraktionierte Koagulation.
Zeitschr. f. phys. Chem. **78**, 682—707 (1912).
78. ———, S., Ueber Stabilität und Dispersitätsgrad.
Koll.-Zeitschr. **10**, 119—124 (1912). Svensk kemisk Tidskrift **24**, 66—68, 75—78 (1912).
79. HOFFMAN, J., Ueber verschiedene Färbungen durch Schwefel.
Koll.-Zeitschr. **10**, 275—278 (1912). Vgl. Chem. Industrie **34**, 699—705 (1911).
80. RAFFO, M. u. ROSSI, G., Der kolloide Schwefel und die Jodsäure.
Koll.-Zeitschr. **10**, 278—280 (1912).
81. ZSIGMONDY, R., Kolloidchemie.
(Leipzig 1912). S. 140—143.
82. KELBER, CHR. u. SCHWARZ, A., Verfahren zur Darstellung von Schwefel in kolloider und beständiger Form enthaltenden Präparaten.
(Patent) D. R. P. Kl. 12 i Nr 245621 vom $2^{3/3}$ 1911 [$1^{3/4}$ 1912].

❄ ❄ ❄

AUTORENVERZEICHNIS.

Die Ziffern geben die entsprechenden Nummern im chronologischen
Literaturverzeichnis an.

Bergmann, T.	3.	Noellner, C.	28.
Berthelot, M.	26.	Nowakowski, R., siehe Müller.	
Berthollet, C. L.	7.	Odén, S.	64, 67, 73, 77, 78.
Berzelius, J. J.	8.	Orlow, N. A.	38, 39.
Biltz, W. u. Gahl, W.	44.	Ostwald, Wilh.	40.
Bischhof, G.	12.	Ostwald, Wolfg.	74.
Danlos, H., siehe Maillard.		Paternò, E., u. Mazzucchelli, A.	52.
Debus, H.	33.	Pieroni, A., siehe Raffo.	
Döbereiner	10.	Piotrowski, H., siehe Ephraim.	
Engel, R.	34.	Quincke, G.	30, 42, 59.
Ephraim, F., u. Piotrowski, H.	68.	Raffo, M.	58.
Fourcroy, A. F.	5.	——, u. Mancini, J.	72.
—— et de la Porte	4.	——, u. Pieroni, A.	65.
Gahl, W., siehe Biltz.		——, u. Rossi, G.	80.
Geisel, E., siehe Ruff.		Rossi, G., siehe Raffo.	
Gil, C. J.	35.	Ruff, O., u. Geisel, E.	46.
Heyden, Chem. Fabrik, Akt. Ges.	45.	Sarason, L.	57.
Himmelbauer, A., ...	61.	Sato, T.	62.
Hoffman, J.	79.	Schade, H.	56.
Joseph, M.	55.	Scheele, C. W.	2.
Kahan, J. B., siehe v. Weimarn.		Schiff, H.	29.
Kelber, Chr. u. Schwarz, A.	82.	Schwarz, A., siehe Kelber.	
Knapp, F.	31.	Schweigger, J. S. C.	11.
Krafft, F. u. Merz, L.	43.	Selmi, Fr.	16, 17, 18, 19, 22, 23, 24.
Le Veillard	6.	Sobrero, A., u. Selmi, Fr.	20, 21.
Liesegang, Raph., E.	66.	Spring, W.	51.
Lobry de Bruyn, C. A.	36, 41.	Stahl, G. E.	1.
Lottermoser, A.	37.	Stingl, J., u. Morawski, Th.	32.
Magnus, G.	13.	Svedberg, The.	50, 60, 63.
Maillard, L. C.	75.	Valeton, J. J. P.	53.
—— et Danlos, H.	54.	Vogel, F. C.	9.
Mann, R.	49.	Vogel, fils, A.	27.
Malyschew, B. W., siehe v. Weimarn.		Wackenroder, H.	14, 15.
Mancini, J., siehe Raffo.		v. Weimarn, P. P.	69, 76.
Mazzucchelli, A., siehe Paternò.		——, u. Kahan, J. B.	70.
Merz, L., siehe Krafft.		——, u. Malyschew, B. W.	71.
Morawski, Th., siehe Stingl.		Wöhler, F.	25.
Müller, E., u. Nowakowski, R.	47, 48.	Zsigmondy, R.	81.



KAPITEL II.

GESCHICHTLICHES.¹

Schwefel in kolloider Form entsteht im allgemeinen, wenn solche Reaktionen stattfinden, dass elementarer Schwefel gebildet wird und die Bedingungen für die selbständige Existenz der Schwefelteilchen vorhanden sind. Bei den meisten der schwefelbildenden Reaktionen sind diese Bedingungen jedoch derart, dass die Dispersität der Schwefelphase binnen kürzerer oder längerer Zeit mehr und mehr vermindert wird und die gesamte Schwefelmenge als Flocken sedimentiert. Wenn jedoch die Konzentration des gebildeten Schwefels sehr klein wird, oder wenn bei der Reaktion in irgendwelcher Weise der entstandene Schwefel von sehr feiner Zerteilung und wahrscheinlich dadurch bedingter flüssiger Natur ist, oder wenn schliesslich durch Zusatz von viskosen Mitteln zum Dispersionsmittel die innere Reibung des Mediums so weit erhöht wird, dass die Flockenbildung verhindert wird, so können die entstandenen, kolloiden Schwefellösungen längere Zeit bestehen.

Diese drei Bedingungen entsprechen auch im grossen und ganzen der historischen Entwicklung unserer Kenntnisse über kolloide Schwefellösungen insofern, als die chronologische Entwicklungsfolge ziemlich genau der obigen Einteilung entspricht.

¹ Die für unsere Kenntnisse von dem kolloiden Schwefel wichtigsten Arbeiten von DÖBEREINER, WACKENRODER, SOBRERO & SELMI, DEBUS und RAFFO, sowie auch einige andere sind schon von Professor THE SVEDBERG in seinem vorzüglichen Werke »Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen« (Dresden 1909) ausführlich erwähnt und teilweise zitiert worden. Da dieses Buch wohl jedem Kolloidforscher wohlbekannt und leicht zugänglich sein dürfte, habe ich Zitate, welche sich dort vorfinden, weggelassen und verweise bei den folgenden Besprechungen ausser auf die Originalabhandlung durch die Verkürzung *Sg* auf die entsprechende Seite in Prof. SVEDBERGS Arbeit.

Dass der Schwefel, welcher sich aus wässerigen Lösungen abscheidet, ein anderes Aussehen als der gewöhnliche besitzt und sich zum Teil in der Flüssigkeit noch lange schwebend erhält, ist wohl zuerst sehr frühzeitig im Zusammenhang mit der Darstellung und Untersuchung des alten medizinischen Präparates »Lac sulphuris« bekannt geworden, so finden wir z. B. solche Angaben bei E. G. STAHL [1].

Den ersten Andeutungen über stabile Hydrosole des Schwefels begegnen wir jedoch erst im Zusammenhang mit der Oxydation des Schwefelwasserstoffs durch den Sauerstoff der Luft; Beobachtungen, welche entweder bei Laboratoriumsuntersuchungen über den Schwefelwasserstoff oder im Zusammenhang mit den, zu diesen Zeiten, zahlreichen Untersuchungen von natürlichen, schwefeligen Heilwässern gemacht wurden.

Schon der Entdecker des Schwefelwasserstoffs, Apotheker C. W. SCHÉELE, schreibt in seinem Laborationsjournal [2].

»Das Wasser, in welches sich der elast. Dunst des Destillats von *oleo et sulphure* gezogen, wird in verschlossenen [Gläsern] nach und nach weiss, und es setzt sich in einem Monat ein *lac sulphuris*«.

Der hier erwähnte Dunst von *oleo et sulphure* wurde durch Destillation von Schwefel mit Öl hergestellt, und aus der weiteren Beschreibung des Gases geht hervor, dass es hauptsächlich aus Schwefelwasserstoff bestand. Auch dass eine ziemlich grosse Verdünnung des Schwefelalkalis, *Hepar sulphuris*, in Wasser bei der Zersetzung mit einer Säure zum Erhalten einer feinen Zerteilung des Schwefels notwendig sei, wurde von ihm erkannt.¹

Auch der Upsalaer Professor TORBERN BERGMANN, welcher einer der ersten war, die sich mit der Darstellung von künstlichen Heilwässern beschäftigten, schreibt in seiner Abhandlung »Von künstlicher Verfertigung der warmen, heilsamen Wasser« [3, S. 342]:

»— — — Upsaler Quell-Wasser mit erwähnter Luft [der Schwefel-Leber = Schwefelwasserstoff] gesättigt, wird etwas undurchsichtiger, und legt langsam einen kleinen Theil Schwefel nieder.

Anfangs wunderte ich mich über diese Erscheinung, allein da ich mich der Gegenwart der reinen Luft erinnerte, so sahe ich die Ursache ein, welche bestätigt wird, weil das Kochen und wieder Erkalten keineswegs die Luft der Schwefel-Leber vertreibt.»

¹ A. a. O., S. 416.

Besonders ausführlich waren die von den französischen Forschern A. F. FOURCROY und DE LA PORTE angestellten Untersuchungen über das natürliche Schwefelwasser¹ bei Enghien 1788, und da diese Untersuchungen gewisse in kolloidchemischer Hinsicht interessante Beobachtungen enthalten, mögen hier einige etwas ausführlichere Zitate angeführt werden.

Nachdem sie über die durch Oxydation durch den Luftsauerstoff entstandenen Trübungen und die Schwierigkeiten, diese trübende Substanz (dispersen Schwefel) zu isolieren, da sie durch Filter hindurchging, berichtet haben, beschreiben sie die Einwirkungen verschiedener Reagenzien, von denen die Oxydation des Schwefelwasserstoffs durch Salpetersäure besonders interessant ist. Sie schreiben² [4, S. 107 u. f.]:

»On a versé dans huit livres d'eau d'Enghien une demi-once d'acide nitreux non-fumant, & assez foible, puisque son poids n'excédoit que de 48 grains celui de l'eau distillée sur le volume d'une once. L'odeur hépatique s'est développée à l'instant, mais moins fortement que par l'acide vitriolique. Il n'y eut aucun effet sensible dans la couleur de l'eau pendant le mélange; quelques minutes après, la liqueur est devenue un peu louche, mais encore moins que par l'acide vitriolique. Comme l'eau n'étoit point sensiblement acide, & ne rougissoit point le papier bleu, on a ajouté deux gros de la même eau forte. *Le trouble de l'eau a été sensiblement augmenté par cette addition, mais sans présenter l'aspect, les flocons, & toutes les apparences d'un vrai précipité.* Aussi vingt-quatre heures après, la matière légère qui formoit le nuage, n'étoit-elle en aucune manière séparée de la liqueur, & elle paroissoit même n'y être point du tout disposée.»

»Sur neuf livres d'eau d'Enghien, puisée à l'instant même, on a versé goutte à goutte un gros d'acide nitreux très-rouge & très-fumant, pesant 2 gros de plus par once que l'eau distillée. Les premières gouttes ont développé l'odeur hépatique; mais elle a bientôt été considérablement diminuée & remplacée par celle de l'esprit de nitre. L'eau a été sur-le-champ troublée dans toute son étendue; elle a pris la blancheur & l'opacité du lait; *en la regardant au soleil on y observoit des reflets jaunes & verts dorés.* L'odeur hépatique étoit complètement détruite, & la liqueur aigre lorsque l'on eut mis le gros d'acide. On laissa ce mélange dans un bocal bien bouché pendant vingt-quatre heures. Après ce temps l'eau étoit toujours trouble & laiteuse; *la matière qui la troubloit ne paroissoit point s'en séparer & restoit très-également suspendue dans tous ses points.* Trois jours de repos n'ont

¹ Nach Angaben von F. CORNU (Hydrogele des Mineralreichs in den Gruppen der Elemente, Sulfide und Haloidsalze. Koll. Zeitschr. 4, 187 (1909).) soll sich natürlicher kolloider Schwefel unter gewissen Bedingungen in Schwefelquellen bilden.

² Die Kursivierung rührt von mir her.

offert aucune aparence de précipitation. On a essayé de la filtrer, *mais la liqueur passoit trouble & laiteuse à travers deux papiers*. L'évaporation étoit le seul moyen qui parût propre à faire obtenir ce précipité. Deux livres de liqueur ayant été chauffées dans un évaporatoire de verre sur un bain de sable, à peine eut-elle pris une chaleur de 45 degrés, qu'elle a exhalé une odeur tout-à-fait semblable à celle du soufre qui se sublime, & qu'elle est devenue claire et transparente. La matière blanche qui la troublait s'est rassemblée au fond de l'évaporatoire sous la forme de petits pelotons d'un gris jaunâtre arrondis & semblables à des grains de millet. En ajoutant de l'eau trouble, livre par livre, afin de séparer tout le dépôt par ce procédé, *les flocons se divisoient & se dispersoient dans toute la liqueur*; mais ils se réunissoient bientôt au fond du vase par l'action de la chaleur. On a suivi cette expérience jusqu'à ce qu'il ne restât plus des 9 livres d'eau précipitées par l'acide nitreux, qu'environ 12 onces de liqueur. *Alors la liqueur étoit très-transparente, d'une couleur légèrement citrine*; on l'a décantée; mais, en l'agitant, le précipité a perdu tout-à-coup sa forme globuleuse, & a pris celle d'une poussière grise & plus foncée en dessous qu'en dessus. On en a filtré quelques onces, pour bien séparer ce dépôt, qui s'est réduit à un très-petit volume en se séchant, & qui a conservé une couleur grise tirant un peu sur le vert.»

Im folgenden wird dann festgestellt, dass sich die Ausscheidungen ganz wie elementarer Schwefel verhielten.

Aus diesen Beobachtungen geht deutlich hervor, dass sie ein Hydrosol des Schwefels von ziemlich grosser Haltbarkeit in Händen gehabt, und dass sie seine Beständigkeit beim Einengen, seine Fähigkeit Filter zu passieren, seine Durchsichtigkeit, zitronengelbe Farbe, sowie die grüne Farbe des reflektierten Lichtes erkannt haben. Ferner sind ja Andeutungen vorhanden, welche auf eine durch Steigerung der vorhandenen Elektrolyte hervorgerufene Koagulation, sowie auf die Wiederlöslichkeit der Flocken beim erneuten Wasserzusatz hinweisen. Allerdings wurde zu jener Zeit keinerlei Rücksicht auf einen kolloiden Zustand der Materie genommen, und die Beobachtungen seitens MM. FOURCROY et DE LA PORTE sind in Vergessenheit geraten.

Ähnliche, aber weniger deutliche Angaben über die kolloide Natur des bei der Oxydation von Schwefelwasserstoff gebildeten Schwefels finden sich bei LE VELLARD, 1789 [6], BERZELIUS 1808 [8] u. a.

Über die Farbenänderungen, welche schwefelwasserstoffhaltige Lösungen durch Oxydation infolge Bildung kolloiden Schwefels erleiden, finden wir ferner Angaben bei C. L. BERTHOLLET 1798 und J. W. DÖBEREINER 1813. Berthollet schreibt [7, S. 250]:

»Les hydrosulfures, lorsqu'ils sont préparés avec les précautions nécessaires, pour qu'ils n'éprouvent aucun contact de l'air pendant leur préparation, n'ont aucune couleur; mais ils prennent une couleur jaune par l'action de l'air.

Si l'on décompose un hydrosulfure qui n'a point encore de couleur, par l'acide sulfurique, l'acide muriatique, ou tout autre acide qui n'a pas d'action sur l'hydrogène, le gaz hydrogène sulfuré s'exhale sans qu'il se dépose aucune molécule de soufre; mais si l'hydrosulfure a acquis de la couleur, il se fait un dépôt de soufre qui est proportionnel à l'altération qu'a éprouvé l'hydrogène sulfuré.»

Über die blauen Farben des wenig dispersen Schwefels liegen Angaben bei DÖBEREINER vor. [10, Sg. 239].

Von BERTHOLLET wurde auch die koagulierende Wirkung von Salzen auf die kolloide Schwefellösung beobachtet. Er schreibt hierüber:

»Nous avons décomposé, par l'acide sulfureux, une dissolution aqueuse d'hydrogène sulfuré; la liqueur est restée trouble; une portion de cette liqueur, mise à part, ne s'est point éclaircie pendant plusieurs jours; mais nous avons observé que, par l'addition d'un sel, tel que le muriate de soude le précipité se formoit promptement et la liqueur restoit claire.»

Bei der Oxydation von Schwefelwasserstoff verwendete Berthollet unter anderen Oxydationsmitteln auch das Schwefeldioxyd. Dieser Prozess wurde in der folgenden Zeit vielfach studiert und gab zu vielen für die Kenntnis des kolloiden Schwefels wichtigen Arbeiten Anlass.

Nach BERTHOLLET wurde diese Reaktion von J. DALTON¹, J. PERSOZ² u. a. studiert, hauptsächlich jedoch von H. WACKENRODER, nach welchem auch das entstandene Reaktionsgemisch oft »*Wackenroder'sche Flüssigkeit*« genannt wird. Er selbst entdeckte darin 1846 die Pentathionsäure, beobachtete aber auch, dass der ausgeschiedene Schwefel sich nicht abtrennen liess, durch doppelte und dreifache Filter in gleichem Grade milchigtrübe lief und eine gewisse Homogenität besass. Um die Flüssigkeit zu klären, bediente er sich der schon von BERTHOLLET verwendeten Koagulation mit Salzen, ohne jedoch dessen Klärungsversuche zu kennen. [14, 277 Sg. 239 u. f.].

WACKENRODER beobachtete auch später [15], dass Chlorkalium und Bariumchlorid-Lösung eine viel grössere koagulierende Wirkung

¹ Ein neues System des chemischen Teiles der Naturwissenschaften (übersetzt von Fr. WOLFF), Berlin 1812, V. Theil, S. 189.

² Compt. rend. 10, 665 (1840). Vgl. auch Ann. d. Chem. u. Pharmazie 36, 189 (1840).

Nova Acta Reg. Soc. Sc. Ups., Ser. 4, Vol. 3, N. 3. Impr. 29/10 1912.

ausübten, und dass sich dadurch die Klärung der Flüssigkeit viel schneller und vollständiger vollzog als mit Chlornatrium. Der hierbei ausgeschiedene Schwefel scheint von Wackenroder nicht zum Gegenstand einer näheren Untersuchung gemacht worden zu sein. Dass er jedoch ein eigenartiges Aussehen besitzt, geht aus seinen Worten hervor [15, 144]:

»Es wurde daher frisch bereitete wässerige schweflige Säure bis zur völligen Umänderung in Pentathionsäure mit Schwefelwasserstoffgas behandelt und die gelbe Flüssigkeit dann mit einer unzureichenden Menge von kohlensaurem Baryt versetzt. Dadurch nun wurde der Schwefel als ein Coagulum abgeschieden.»

Das hier benutzte Wort »*Coagulum*» wurde ja auch später für den hier ausgefällten Schwefel benutzt, und der hier stattfindende Prozess als Koagulation bezeichnet.

Alle die vorhergehenden Arbeiten haben sich nur beiläufig mit dem eigenartigen Zustand des bei den Reaktionen entstandenen Schwefels beschäftigt, und die Kenntnisse blieben von denen FOURCROY's kaum wesentlich verschieden. Erst mit den Arbeiten des italienischen Chemikers FRANCESCO SELMI schlagen die Forschungen einen mehr auf die Erforschung der Natur des eigentümlichen Zustandes des Schwefels in den Solen gerichteten Weg ein, obgleich seine Arbeiten ziemlich unbeachtet blieben und erst in letzter Zeit allgemein bekannt geworden sind¹.

Die in seinen Arbeiten mitgeteilten Tatsachen scheinen durch die ebenerwähnten Arbeiten früherer Forscher nicht beeinflusst zu sein, und seine mitgeteilten Beobachtungen über die Darstellungsmethoden, Koagulation u. s. w. waren von ihm sicher als neue Entdeckungen, betrachtet worden. Seine Stellung zu den Deutungen der auftretenden Phänomene war auch eine ganz neue und selbständige und in vielen Punkten überraschend modern. Er hat auch das Tatsachenmaterial in einer Mehrzahl von Arbeiten vielseitig bereichert.

Bezüglich der Darstellungsmethode hatte er die Wackenroder'sche Methode in der Weise modifiziert, dass er während mehrerer Tage Schwefeldioxyd und Schwefelwasserstoff in eine mit destilliertem Wasser gefüllte Flasche leitete. Der ausgeschiedene Schwefel wurde durch Dekantieren von der Flüssigkeit getrennt, konnte jedoch durch destilliertes Wasser wieder in Lösung gebracht werden. Das erhaltene Sol wurde von ihm ausführlich beschrieben [21, 212 Sg. 240 u. f.].

¹ Vgl. das Werk: Francesco Selmi e la sua opera scientifica del Icilio Guareschi, Mem. d. R. Accademia delle Scienze di Torino [2] 62, 121—272 (1911).

Das Wichtigste bei FR. SELMI's zahlreichen Arbeiten über diesen Gegenstand ist wohl, dass er die Bedeutung der eigenartigen Form, in welcher der Schwefel in den Lösungen existierte, völlig erkannte und für diesen Schwefel und andere gleichartige Lösungen, wie Berlinerblau, Chlorsilber, Schwefelarsenik, Quecksilberjodid, Kasein, Albumin u. a. einen besonderen Namen, *Pseudosoluzioni* (Pseudosoluzioni), einführte, deren nähere Charakteristik und Eigentümlichkeiten im Vergleich zu den *wahren Lösungen* (Soluzioni) von ihm in mehreren Abhandlungen¹ festgestellt wurden.

Für den hier zu behandelnden Fall des kolloiden Schwefels hat er, wie erwähnt, mehrere neue Tatsachen erkannt.

So wurde die Reversibilität des durch Chlornatrium erhaltenen Koagulums im Gegensatz zu der Irreversibilität des durch Chlorkalium² erhaltenen klar ausgesprochen; ferner stellte er fest, dass der Koagulator vom Koagulum mitgerissen wird, und dass der Schwefel beim Behandeln mit Alkalien gänzlich seinen kolloiden Charakter einbüsst. Aber auch die Natur des Koagulationsvorgangs, dass es sich nicht um die Bildung einer unlöslichen chemischen Verbindung handelte, war ihm wohl bewusst, wie aus dem Folgenden klar hervorgeht³:

»Anche l'azzurro di Prussia solubile ed il solfo pseudosciolto, che pur hanno la proprietà di rimanere espansi nell'acqua priva di sali, simulando una soluzione vera e reale, si coagulano prontamente, se nel liquido s'introducono certi sali, e questo non perchè reagiscano con essi chimicamente, da ingenerare composti inabili a restare disciolti, sibbene perchè attirano e fissano sopra di sè una data proporzione del sale aggiunto, e finchè non ne siano spogliati, non si ripseudosciolgono. Se di fatto, con lavatura replicata di acqua distillata, si giunge a spogliarli del sale loro aderente, essi riacquistano la capacità di unirsi al liquido, come ci stavano prima di essere coagulati.»

Die Arbeiten SELMI blieben, wie schon erwähnt, trotzdem sie in mehreren Sprachen publiziert wurden, fast ohne Einfluss auf die

¹ Kurz zusammengefasst in seinem Artikel: *Pseudosoluzione* in Enciclopedia Chim., Vol., 9, S. 336 (1874). Wegen Einzelheiten muss auf das erwähnte Buch von I. GUARESCHI verwiesen werden. Vgl. auch Koll.-Zeitschr. 8, 113—123 (1911).

² Dies ist nur bedingt richtig, denn, wie vom Verfasser [64] gezeigt wurde, ist beim Verwenden von KCl bei Vermeiden grosser Überschüsse an Koagulator der Prozess auch hier reversibel. Vgl. Kap. V, Abschn. 11.

³ Nach Guareschi's Wiedergabe zitiert (a. a. O., S. 166) aus Enciclopedia di Chimica, Vol. 1, S. 402 (1867).

Arbeiten der folgenden Zeit. Fünfzehn Jahre nachdem SELMI die Klasse der Pseudosolutionen¹ aufgestellt hatte, wurde der mit diesen fast zusammenfallende Begriff der *Kolloide* von TH. GRAHAM² entwickelt, und es wurde von H. DEBUS festgestellt [33], dass die hier in Frage kommende Schwefellösung zu diesen zu zählen sei.

* *

Die Reaktion zwischen Schwefeldioxyd und Schwefelwasserstoff erhielt indessen bald eine praktische Bedeutung im Zusammenhang mit der Regeneration von Schwefel aus den Sodarückständen. Es entsteht hierbei aus dem Schwefelcalcium durch Einwirkung von Wasser Schwefelwasserstoff, und es wurde die Frage aufgeworfen, in welcher Weise sich hieraus durch praktisch anwendbare Methoden Schwefel gewinnen liesse. Die früheren Arbeiten von BERTHOLLET, SOBRERO u. SELMI u. a. über die Zersetzung durch Schwefeldioxyd und Koagulation des gebildeten Schwefels durch Salze scheinen den Technikern im Jahre 1878 nicht bekannt gewesen zu sein. In diesem Jahre wurde nämlich von SCHAFFNER und HELBIG¹ eine Broschüre herausgegeben, worin empfohlen wurde, die Zersetzung der genannten Gase in wässriger Chlorecalcium- oder Magnesiumchloridlösung von statten gehen zu lassen.

Die praktische Bedeutung dieser Methode gab bald Anlass zu näheren Untersuchungen sowohl über die Bildungsreaktion überhaupt als auch über die Rolle der Salze bei der Ausfällung. Von diesen Untersuchungen sind die der ungarischen Forscher J. STINGL und TH. MORAWSKI die wichtigsten, und wir finden hier die ersten qualitativen Untersuchungen über die verschiedene Koagulationsfähigkeit der Salze.

Die genannten Autoren hoben auch, wie schon vorher Selmi, ausdrücklich hervor, dass die Salzeinwirkung nicht nach stöchiometrischen Gesetzen erfolgte und die Ursache der Ausfällung nur in einem physikalischen Vorgang liege. Dagegen scheinen sie die Reversibilität des Koagulationsvorgangs unter gewissen Bedingungen nicht bemerkt zu haben. Sie stellten nämlich eine Theorie der Koagulation auf, die mit der Reversibilität des Vorgangs nicht in Einklang zu bringen ist.

¹ Nuovi Annali di Scienze Natur. di Bologna [2] 8, 404 (1847).

² Liquid diffusion applied to analysis; Phil. Trans. London **151**, 183 (1861).

³ Ref. in Dingler's polytechnisches Journal **231**, 345 (1879) und in Chem. Zeitung **3**, 114 (1879).

Durch mikroskopische Beobachtungen (300-fache Vergrößerung) glaubten sie konstatieren zu können, dass der Schwefel als kleine rundliche BLÄSCHEN auftrete, dass diese Bläschen durch Zusatz von Salzlösung barsten und der Schwefel jetzt als eine dichte flockige Masse ausgeschieden wurde. Sie fahren hierauf fort:

»Aus diesen beobachteten Thatsachen ziehen wir folgende Schlüsse: Die bei der Einwirkung des H_2S auf SO_2 abgeschiedene Substanz des Schwefels nimmt im Momente des Entstehens eine kugelige Form an und bildet Bläschen, welche in ihrem Innern dieselbe Flüssigkeit enthalten, in welcher sie sich selbst befinden. Diese Kugelgestalt ist gleichsam die natürliche Gleichgewichtslage der abgeschiedenen Schwefelsubstanz, wie schon Berthelot, Brame und W. Müller fanden.

Sobald nun bei der Ausscheidung des Schwefels eine Salzlösung vorhanden ist, oder man eine Salzlösung zum abgeschiedenen Schwefel bringt, so wird diese Gleichgewichtslage in Folge des Eintretens der Salzlösung in das Innere des Bläschens gestört, und die kleinsten Theilchen der Schwefelsubstanz, die ursprünglich in einer kugelförmigen Gleichgewichtslage waren, gruppieren sich zu einem körnigen, flockigen Haufwerk. Würden diese Bläschen eine zusammenhängende feste Schwefelmembran sein, so hätten wir die Erscheinung der Diffusion, so aber haben sich die einzelnen kleinsten Theilchen — sagen wir, die Atome — zu einer Kugeloberfläche gruppiert und bilden scheinbar eine Membran, die in ihre kleinsten Theilchen zerfällt, sobald die Salzlösung zwischen ihr hindurchdringt und so die gegenseitige Anziehungssphäre verändert. In dem Momente ist die Kugelgestalt zerstört und die Atome treten näher zusammen, bilden dichtere Atomcomplexe, d. h. der Schwefel scheidet sich flockig aus. Dieses Verhalten lässt sich unter dem Mikroskop genau beobachten.

Nach dem Gesagten müssen daher jene Salze einer Reihe, z. B. der Chloride, die leichter, also mit grösserer Molecularbewegung diffundiren, daher eine grössere Dichte haben, den Schwefel rascher abscheiden, als die Salzlösungen derselben Reihe, die eine geringere Dichte besitzen. Dem ist auch wirklich so, und diese Thatsache steht ganz im Einklang mit den gewöhnlichen Diffusionserscheinungen.»

Diese Theorie gibt natürlich den Koagulationsmechanismus nicht wieder. Erstens steht sie damit in Widerspruch, dass die Koagulation oft, wenn nicht allzu grosse Salzkonzentrationen verwendet werden, reversibel ist, so dass die auftretenden Koagula beim Verdünnen sich wieder lösen. Denn sind die Bläschen einmal zerstört, so ist kein Grund vorhanden, weshalb sie bei einer Verdünnung der Salzlösung wieder auftreten sollten.

Zweitens liegt in der optischen Beobachtung zweifelsohne, wie schon von A. LOTTERMOSER [37] bemerkt wurde, eine Täuschung vor¹, denn die entstandenen Schwefellösungen lassen zwar bei ultramikroskopischer Beobachtung zahlreiche Teilchen erkennen, ihre Dimensionen sind jedoch weit unter den von STINGL und MORAWSKI angegebenen. Bringt man dagegen ein Tröpfchen auf das Deckglas eines gewöhnlichen Mikroskops, so scheidet sich, wie auch von H. DEBUS beschrieben worden ist, beim Verdunsten des Wassers der Schwefel in kleinen Tröpfchen aus, die jedoch keine Blasenstruktur erkennen lassen. Setzt man jetzt Wasser hinzu, so lösen sich die Tröpfchen wieder auf.

Bei STINGL und MORAWSKI finden sich auch Andeutungen, dass der Schwefel in alkalischen Lösungen nicht beständig ist².

Eine sehr gründliche und umfangreiche Untersuchung der Wackenroder'schen Flüssigkeit wurde im Jahre 1888 von H. DEBUS publiziert, in welcher die jetzt durch Graham's Arbeiten mehr und mehr verbreiteten kolloidchemischen Gesichtspunkte gegenüber dem Zustande des Schwefels klar vertreten wurden. Sie bietet, was das Tatsachenmaterial anbetrifft, gegenüber den früheren Arbeiten viel Neues von Bedeutung, scheint auch hinsichtlich der schon bekannten Arbeiten von diesen völlig unabhängig ausgeführt zu sein und schliesst sich betreffs der Deutung der Eigenschaften an den für andere Kolloide, Kieselsäure, Gummi, Leim u. a. von GRAHAM eingenommenen Standpunkt an.

Da sie zu einer Zeit erschien, wo sich eben das Interesse für die kolloiden Körper mehr und mehr verbreitete, und da der Name kolloider Schwefel oder » δ S», wie ihn Debus nennt, hier zum erstenmale für die eigentümliche Schwefelmodifikation der Wackenroder'schen Flüssigkeit festgelegt wurde, so ist es leicht verständlich, dass in den meisten Handbüchern³ und anderen Arbeiten DEBUS als erster Entdecker und Erforscher des kolloiden Schwefels angeführt wird, wozu natürlicherweise auch die grosse Zuverlässigkeit und Klarheit der Darstellung und die Gründlichkeit seiner Forschungen beigetragen hat.

¹ Die Kugeln sind nicht Blasen, sondern »Vollkugeln«, was auch G. QUINCKE [42] bemerkt, S. 1030.

² A. a. O., S. 86 u. 89.

³ So in O. DAMMER's Handbuch d. anorg. Chem. I. (Stuttgart 1892), S. 605 und GMELIN-KRAUT's Handbuch d. anorg. Chem. 7. Aufl. I: 1 (Heidelberg 1907), S. 361.

Aus DEBUS' Arbeit [33] ist als besonders wichtig hervorzuheben, dass er den Rückgang der Koagulation bei der Erwärmung beobachtet hat [33, 281, 284, 285 *Sg.* 244 u. f.].

Er bemerkt auch, dass Kohlenpulver oder Barymsulfat eine Koagulation hervorruft [33, 284, 286, *Sg.* 248.]

Debus ist auch der Erste, welcher die Wahrscheinlichkeit der flüssigen Formart für die disperse Phase zum ersten Male ausspricht, und er hat ferner interessante mikroskopische Beobachtungen ausgeführt [33, 282 *Sg.* 244].

Er stellte auch Versuche über die von selbst eintretenden, langsam verlaufenden Schwefelabscheidungen an und fand, dass ein Gehalt an schwefliger Säure diese vermehrte, eine Verdünnung des Sols dagegen dieselben verminderte [33, 283 *Sg.* 245].

Die Arbeiten DEBUS' enthalten, wie aus dem Gesagten ersichtlich, eine Menge neuer Tatsachen, und seine Angaben sowie Anschauungen sind, wie ich gefunden habe, im allgemeinen richtig.

Nur die Angabe, dass Ammoniak keine Wirkung auf das Sol ausübe, ist dahin zu berichtigen, dass es zwar keine gewöhnliche Koagulation wie die Salze hervorbringt, dagegen nach einigen Stunden eine Veränderung der dispersen Phase bewirkt, wodurch das Sol unbeständig wird (vgl. Kap V, Abschn. 12).

Auch das scharfe Auseinanderhalten des kolloid »gelösten Schwefels« und des »Schwefels in Suspension« ist wenig zweckmässig, denn nach Untersuchungen des Verfassers [67] handelt es sich hier um eine Reihe von Teilchen kontinuierlich abnehmender Grösse, welche in Fraktionen von stetig veränderlichen Eigenschaften zerlegt werden können. Allerdings liess sich dies zu einer Zeit, wo sich die Ultramikroskopie noch nicht entwickelt hatte, nicht feststellen, und die Abhandlung von DEBUS muss in bezug auf Klarheit und Richtigkeit der Darstellung als eine Musterarbeit experimenteller Forschung angesehen werden.

Über die Bestandteile der Wackenroder'schen Flüssigkeit nach Debus wird unter den Darstellungsmethoden Näheres berichtet werden (S. 34).

Durch eine andere Methode als die eben beschriebenen, nämlich durch Zersetzung von konzentrierter Thiosulfatlösung durch Säuren, erhielt 1891 R. ENGEL [34] Schwefel, der ebenfalls kolloid ist und mit dem obenerwähnten übereinstimmte. Indessen sind ENGEL's eigene Angaben hier-

über sehr unbestimmt, und erst durch die Arbeiten M. RAFFO's [58] wurden die kolloide Natur und die Eigenschaften des durch langsame Zersetzung von kaltem konzentriertem Natriumthiosulfat mit konzentrierter Schwefelsäure erhaltenen Schwefels allgemein bekannt. Das Sol wurde durch Koagulation und darauffolgende Auflösung weiter gereinigt. Aufmerksam arbeitend gelang es RAFFO, Sole von einer Konzentration von 4,58 Proz. Schwefel darzustellen. Für diese Sole war es charakteristisch, dass sie fast nur aus Amikronen bestanden¹, von klarem und hellgelbem Aussehen waren, und man könnte vermuten, dass dieses Sol von den früher beschriebenen verschieden sei. Durch Abtrennung der Submikronen, Konzentration und Reinigung kann man dagegen aus der Wackenroder'schen Flüssigkeit Sole bereiten, die in keiner Hinsicht von den durch Zersetzung von Thiosulfaten erhaltenen verschieden sind. Arbeitet man übrigens in einer von RAFFO etwas abweichenden Weise [vgl. Kap. III, Darstellungsmethoden, S. 52], so kann man auch nach der letzten Reaktion stabile Submikronen erhalten, und die Ursache, weshalb die RAFFO'sche Modifikation von den früher beschriebenen scheinbar verschiedenartige Sole liefert, ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass durch die Erwärmung des stark elektrolythaltigen Reaktionsgemisches auf 80° die zuerst gebildeten Submikronen zerstört werden.

Von RAFFO wurde die Löslichkeit des Koagulums durch Erwärmung wieder bestätigt sowie auch Koagulationsversuche mit verschiedenen Elektrolyten ausgeführt. Über einige neuere Arbeiten RAFFO's wird weiter unten berichtet werden.

Mit der Verwendung der Gelatine von C. A. LOBRY de BRUYN 1900, um die Vereinigung der kleinsten gebildeten Schwefelteilchen zu verhindern, begegnen wir der ersten Methode, unter Anwendung von *Schutzkolloiden* Sole des Schwefels darzustellen.

Von späteren Arbeiten, welche die Darstellung kolloiden Schwefels gleichfalls unter Benutzung von Schutzstoffen behandeln, sind die von A. HIMMELBAUER [61], RAPH. E. LIESEGANG [66], L. SARASON [57], sowie die von der CHEM. FABRIK VON HEYDEN patentierte Methode [45] zu erwähnen. Ausführlichere Angaben über diese Methoden finden sich im Kap. III, Darstellungsmethoden. Die durch die letzterwähnte Methode dargestellten Präparate sind insofern bemerkenswert, als durch

¹ THE SVEDBERG [60].

sie Sole mit bis zu 95 Prozent Schwefel erhalten werden können. Er lässt sich durch Alkohol, Aceton oder dergleichen, sowie durch Salze reversibel fällen und wird als Heilmittel gegen Hautkrankheiten verwendet [M. JOSEPH 55].

Nachdem sich die elektrischen Methoden zur Darstellung von kolloiden Lösungen entwickelt hatten, wurden dieselben auch zur Darstellung von Schwefelsolen benutzt, so von THE SVEDBERG [50] und E. MÜLLER u. R. NOWAKOWSKI [47, 48].

Eine spezielle Methode wurde auch von P. P. VON WEIMARN u. B. W. MALYSCHEW [71] verwendet, welche durch Eingiessen einer alkoholischen Lösung von Schwefel in Wasser ein milchiges Sol erhielten. Dasselbe ist in mancher Hinsicht von den früher beschriebenen Solen verschieden und besteht wahrscheinlich im Gegensatz zu diesen aus festen Schwefelteilchen und verhält sich wie ein typisches Suspensionskolloid.

Über die Natur der dispersen Phase beim kolloiden Schwefel liegt eine Arbeit von W. SPRING vor [51]. Nach diesem Forscher soll es sich hier nicht um elementaren Schwefel handeln, sondern um ein Hydrat von der Zusammensetzung $S_8 + H_2O$, welches kolloid sei. Diese Hydrat-Theorie ist, was den gefällten Schwefel der Schwefelmilch anbetrifft, schon von TH. THOMSON¹ ausgesprochen, die Unrichtigkeit derselben jedoch von G. BISCHOF [12] klar dargetan worden. In den amikroskopischen Solen ist der Schwefel derart zerteilt, dass eine bedeutend stärkere adsorptive Bindung des Wassers als bei der Schwefelmilch vorhanden ist, und es ist daher nicht zu verwundern, dass auch bei längerer Aufbewahrung des eingetrockneten, gummiartigen Sols ein ziemlich bedeutender Wassergehalt zurückbleibt. Die zwei Analysen desselben Präparates, welche beim Schmelzen einen Wasserverlust der obigen Formel entsprechend zeigten, scheinen durchaus nicht die Existenz eines Hydrats sicherzustellen; um so mehr als das »Hydrat« nach Aufbewahrung im Exsiccator einen Gewichtsverlust von 1,33—2,40 % erlitt. Die Frage ist im Zusammenhang mit dem allgemeinen Problem der Wasserbindung der Gelen zu behandeln und dürfte vorläufig als unentschieden zu betrachten sein, wenn auch ein Hydrat $S_8 + H_2O$ wohl sehr unwahrscheinlich ist.

¹ Nicholson's Journal of Natural Philosophy, Chemistry etc. **6**, 102 (1803), *Système de chimie* (traduit de l'Anglais), **I**, (Paris 1809), S. 95.

Über die *Eigenschaften* des kolloiden Schwefels von physikalisch-chemischen Gesichtspunkten aus finden sich bei verschiedenen Verfassern nur vereinzelte Angaben, wovon die wichtigsten hier eine kurze Besprechung finden mögen.

Die ersten ultramikroskopischen Beobachtungen über kolloiden Schwefel rühren von W. BILTZ und W. GAHL [44] her, welche die Kondensation desselben bei der Zersetzung von verdünnten Thiosulfatlösungen durch Säuren studierten und dabei ein plötzliches Auftreten von Submikronen konstatierten. Die nach RAFFO dargestellten Schwefelhydrosole wurden von THE SVEDBERG [60] ultramikroskopisch untersucht, wobei er feststellen konnte, dass dieselben aus Amikronen bestanden, und dass das reflektierte Licht senkrecht zur Einfallssachse polarisiert war.

Über die Farben des kolloiden Schwefels sind schon die Beobachtungen von FOURCROY, BERTHOLLET, DÖBEREINER, DEBUS u. a. erwähnt; hinzuzufügen sind die Angaben LOBRY de BRUYNS [41] über die verschiedenen Farben des ausgeschiedenen Schwefels in Wasser und in Lösungen von Rohrzucker, wovon letzterer eine Schutzwirkung ausübt. Im ersteren Falle war die Farbe blau-violett (vgl. die Angaben Döbereiners), im letzteren braunrot bis gelblich, und er hebt hervor, dass »diese Differenz in der Farbe auf eine Differenz der Grösse der Schwefelpartikeln hinweist«. Später wurden von RAPH. E. LIESEGANG [66] die durch feinverteilten Schwefel in Gelatineschichten hervorgebrachten Färbungen beschrieben.¹

Dass die Schwefelteilchen negative Ladung besitzen und beim Stromdurchgang kataphoretische Wanderung nach der Anode zeigen, wurde wohl zuerst von G. QUINCKE [30] beobachtet und später von anderen Forschern bestätigt.²

Von R. ZSIGMONDY [81] wurde für ein amikroskopisches Schwefelhydrosol ein osmotischer Druck (gegen Kollodiummembran gemessen) von 136 mm Wasser gefunden, der im Laufe eines Monats auf 80 mm herabsank.

Über die innere Reibung des kolloiden Schwefels wurden im hiesigen Institut von Prof. SVEDBERG einige Messungen ausgeführt. Diese Arbeiten wurden jedoch niemals publiziert.

¹ Vgl. des weiteren Kap. IV, Abschn. 7.

² Nach Tabellen von A. MÜLLER, Allgemeine Chemie der Kolloide (Leipzig 1907), S. 43 und von R. ZSIGMONDY, Kolloidchemie (Leipzig 1912), S. 44.

Zu den mehr physikalischen Untersuchungen sind auch diejenigen von G. QUINCKE [42] zu rechnen, welcher die Schaumstruktur der sich abscheidenden Schwefelkoagula und der beim Eintrocknen entstehenden Gallerten beschrieben hat. Von ihm sind auch 1908 [59] die Schaumstruktur sowie andere kolloidchemische Gesichtspunkte zur Erklärung der eigenartigen Viskositätsverhältnisse und andere Eigenschaften des Schmelzflusses des Schwefels herangezogen worden. Ähnliche Betrachtungen finden sich schon bei F. KRAFFT u. L. MERZ [43] sowie in den späteren Arbeiten P. P. VON WEIMARN'S [69]. Da diese Erklärungen jedoch kaum als experimentell völlig sichergestellt angesehen werden können, soll hier eine nähere Besprechung unterbleiben, um so mehr als die v. WEIMARN'schen Arbeiten zur Zeit nicht abgeschlossen sind.

Genauere Untersuchungen über das kolloidchemische Verhalten der typischen Sole und speziell die Veränderungen derselben sind in den letzten Jahren ausgeführt worden. Die bedeutsamsten sind von THE SVEDBERG [60] ausgeführt, welcher das Gleichgewichtssystem: kolloider Schwefel + Kristalloidlösung in Bezug auf die Löslichkeit des Koagulums bei der Erwärmung für amikroskopische Schwefelhydrosole untersuchte und für das Gleichgewicht eine Gleichung aufgestellt hat, welche unten näher besprochen wird (Kap V Abschn. 6 u. f.).

Die Arbeiten von SVEDBERG fortsetzend, stellte ich bezüglich der Wirkung der Salze unter Bezugnahme darauf, dass die Kationen koagulierend, die Anionen dispergierend wirken, folgende Ionenreihen auf [64]: Kationen nach koagulierender Wirkung: $\text{Cs}' > \text{Rb}' > \text{K}' > \text{NH}_4' > \text{Li}'$

Anionen » » dispergierender » » $\frac{\text{SO}_4''}{2} > \text{NO}_3' > \text{Cl}'$. Auch die Schwellenwerte anderer Salze wurde hier bestimmt.

Später wurde von RAFFO und MANCINI [72] bezüglich der Anionen die Reihenfolge: $\text{NO}_3' > \text{Cl}' > \text{Br}' > \text{J}'$ gefunden. Erwähnt sei ferner, dass ich bezüglich der Bedeutung des Dispersitätsgrades des Schwefels für die Salzfällung gefunden habe, dass die grossen Teilchen weit empfindlicher sind als die kleinen, und dass sich nach diesem Prinzip eine fraktionierte Koagulation durchführen lässt, wodurch sich Sole von ziemlich gleichkörniger Beschaffenheit darstellen lassen. Ebenso wurde der Einfluss des Dispersitätsgrades auf die Salzbindung von mir untersucht [67, 73, 77].

Über das mehr *chemische* Verhalten der Schwefelhydrosole liegen Arbeiten von RAFFO und Schülern [65, 80] vor, worin gezeigt wurde, dass Silbersulfat unter Bildung von Silbersulfid auf den kolloiden Schwefel einwirkt und diese Reaktion sich hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit wie eine monomolekulare verhält. Die Reaktion zwischen kolloidem Schwefel und Jodsäure wurde gleichfalls studiert [80]. Es scheidet sich hier Jod aus, während Schwefelsäure und Wasser entsteht. Ausserdem treten jedoch Komplikationen dadurch auf, dass das Jod den Schwefel in Gelform überführen soll.

Zu den chemischen Reaktionen des kolloiden Schwefels können ferner die von T. SATO [62] studierten Einwirkungen unter Bildung von Ätherschwefelsäure im durch Phenol vergifteten Tiere durch Einspritzung von kolloidem Schwefel (»Sulfidal«), gerechnet werden, und dahin sind auch die noch nicht abgeschlossenen Arbeiten von L. C. MAILLARD und H. DANLOS [54, 75], welche sich mit den physiologischen Wirkungen des kolloiden Schwefels beschäftigen, zu stellen. Nach SATO kann der kolloide Schwefel somit als schwaches Antidot bei Phenolvergiftungen betrachtet werden.

Zum Schluss möge hier auch Erwähnung finden, dass zur Erklärung mancher von den eigenartigen Färbungen bei verschiedenen Reaktionen, so beim Ultramarin, bei der Caraves-Gil'schen Reaktion u. s. w., kolloider Schwefel als färbender Bestandteil angenommen wurde, ohne dass indessen weder die elementare Natur noch die Kolloidnatur der färbenden Substanz bis jetzt mit Sicherheit festgestellt zu sein scheint. Von Abhandlungen, welche diese Frage berühren, sei auf die Nummern 9, 11, 13, 25, 27, 28, 29, 31, 35, 38, 39, 46, 52, 74, 79 im Literaturverzeichnis verwiesen, wovon die zwei letzten zusammenfassender Natur sind.

KAPITEL III.

DARSTELLUNG UND REINIGUNG.

Das Kapitel über die Darstellungs- und Reinigungsmethoden kolloider Schwefellösungen umfasst teils *allgemeine* Methoden, welche gestatten, auf verschiedene Weise Schwefel als disperse Phase in einem Dispersionsmittel zu erhalten, teils *spezielle* Methoden, durch welche die Reinigung der Sole vorgenommen wird. Diese Reinigung bezieht sich teils auf die verschiedene Dispersität des Systems und geht darauf aus, Teilchen von gewisser Grösse abzutrennen und dadurch Sole aus gleichen Teilchen (isopsegmatische, monodisperse) oder in bewusster Weise aus ungleichen Teilchen bestehende (anisopsegmatische, polydisperse) herzustellen, teils auf die möglichst weitgehende Befreiung des Sols von den Elektrolyten, welche bei der Darstellung zugleich mit dem Schwefel entstehen.

Die allgemeinen Darstellungsmethoden sind, wie im vorigen Kapitel schon hervorgehoben wurde, von vielen Forschern in verschiedenster Weise ausgeführt worden, und meine eigenen Untersuchungen auf diesem Gebiete haben sich auf das eingehendere Studium dieser schon vorhandenen Methoden beschränkt. Etwas ausführlicher als dies im historischen Teile geschah, soll hier über einzelne dieser älteren Arbeiten, soweit sie für unsere Auffassung von den Entstehungsbedingungen des kolloiden Schwefels wichtig sind, berichtet werden.

Für die Reinigung sowie für die Abtrennung von Teilchen gewisser Grösse (Fraktionierte Koagulation) sind von mir spezielle Methoden ausgearbeitet worden, welche zum Teil in früheren Arbeiten [67, 77] veröffentlicht wurden, und deren ausführlichere Besprechung, soweit sie sich auf kolloiden Schwefel beziehen, hier Platz finden soll. Hieran schliesst sich als Anhang eine kurze Erwähnung der bei diesen Untersuchungen verwendeten Analysierungsmethoden an, um ihre Angabe bei den einzelnen Fällen zu ersparen.

1.

Allgemeine Darstellungsmethoden.

Die Methoden zur Darstellung von Lösungen von Schwefel in kolloider oder disperser Form laufen im allgemeinen darauf hinaus, erstens die Entstehungsbedingungen derart anzuordnen, dass die sich kondensierenden Schwefelmoleküle sich nur zu Teilchen von sehr kleinen Dimensionen zusammenschliessen; zweitens dieses Auftreten von Teilchen in einem solchen Medium vorsichgehen zu lassen, dass keine Wirkungen des Dispersionsmittels mit darin gelösten Stoffen auf die gebildeten Teilchen eine weitere aggregierende Wirkung ausüben.

Über die allgemeinen Methoden zur Erzielung der ersten Bedingung sind in den letzten Jahren bemerkenswerte Untersuchungen von dem russischen Forscher P. P. VON WEIMARN ausgeführt worden, die weiter unten näher besprochen werden sollen.

Die zweite Bedingung sucht man dadurch herzustellen, dass entweder die Darstellungsreaktion so gewählt wird, dass keine dispersitätsvermindernden (koagulierenden) Stoffe im Medium zugegen sind (elektrische Zerstäubung im reinen Dispersionsmittel, Reaktion zwischen H_2S und SO_2), oder man sucht die koagulierenden oder den kolloiden Zustand zerstörenden Wirkungen gewisser notwendigerweise entstehenden Ionen durch andere, stabilisierende Ionen (Zersetzen von $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ durch H_2SO_4) oder Schutzkolloide (Gelatine, Eiweisstoffe u. s. w.) aufzuheben.

Die Herstellungsmethoden lassen sich nach dem Gesagten in folgender Übersicht zusammenstellen.

A. Methoden, welche von elementarem Schwefel und reinem Dispersionsmittel ausgehen.

1. Kondensation aus übersättigten Lösungen.

P. P. VON WEIMARN und J. B. KAHAN [70] 1910.

2. Durch oszillatorische Entladung zwischen Elektroden, welche mit elementarem Schwefel in Berührung stehen.

THE SVEDBERG [50] 1906.

3. Durch Hineinspritzen einer echten Lösung von Schwefel in ein Dispersionsmittel, in dem Schwefel unlöslich ist.

P. P. VON WEIMARN und B. W. MALYSCHEW [71] 1910.

4. Durch kathodische Beladung von Schwefel in Wasser.
E. MÜLLER u. R. NOWAKOWSKI [47, 48] 1905.
- B.** Methoden, welche auf Zersetzung von Schwefelverbindungen ohne Verwendung von speziellen Schutzkolloiden basieren.
 5. Oxydation von Schwefelwasserstoff, vornehmlich durch Schwefeldioxyd.
C. L. BERTHOLLET [7] 1798. FR. SELMI [16—24] 1844.
H. WACKENRODER [14] 1846. H. DEBUS [33] 1888 u. andere.
 6. Zersetzung von Thiosulfaten durch Säuren.
ENGEL [34] 1891. RAFFO [58] 1908.
- C.** Methoden, welche auf Zersetzung von Schwefelverbindungen in Gegenwart von Schutzkolloiden basieren.

Diese lassen sich am besten nach den verwendeten Schutzkolloiden ordnen.

 7. Gelatine als Schutzkolloid.
C. A. LOBRY de BRUYN [36] 1900.
A. HIMMELBAUER [61] 1909. R. E. LIESEGANG [66] 1910.
 8. Zucker als Schutzkolloid.
C. A. LOBRY DE BRUYN [41] 1902.
 9. Eiweisskörper und ihre Abbauprodukte als Schutzkolloide. Chemische Fabrik von HEYDEN, Akt.-Ges. [45] 1904.
 10. Seife als Schutzkolloid.
R. MANN [49] 1905.
 11. Glyzerin als Schutzkolloid.
L. SARASON [57] 1907.
 12. Glutin und dessen Spaltungs- und Abbauprodukte.
C. KELBER u. A. SCHWARZ [82] 1911.

Eine Besprechung dieser Methoden¹ sowie genauere Untersuchungen der hier wichtigsten Methoden 5 und 6 folgt jetzt.

¹ Von diesen habe ich die Methoden 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 zur Darstellung verwendet und die Angaben der verschiedenen Forscher geprüft.

1. Darstellung durch Kondensation aus übersättigten Lösungen.

P. P. VON WEIMARN und J. B. KAHAN 1910.

Durch Abkühlen von gesättigten alkoholischen Schwefellösungen mit flüssiger Luft wurden von P. P. VON WEIMARN und J. B. KAHAN kolloide Gläser mit Schwefel als disperse Phase dargestellt. Beim Auftauen dieser Gläser wurden verschiedene Opaleszenzerscheinungen, verschiedenen Dispersitätsgraden des Schwefels entsprechend, beobachtet. Die nähere Untersuchung dieser festen Sole ist von den Verfassern bisher noch nicht publiziert worden.

2. Darstellung durch oszillatorische Entladung zwischen Elektroden, welche mit elementarem Schwefel in Berührung stehen.

THE SVEDBERG 1906.

Durch oszillatorische Entladung zwischen Aluminiumelektroden in Gegenwart von Schwefel wurden Isobutylalkosole von Schwefel erhalten. Über die Versuchsanordnung etc. muss auf die Originalabhandlungen verwiesen werden.

Die erhaltene schmutzig gelbgrüne Flüssigkeit lässt sich durch Zentrifugieren von den gröbsten Teilchen befreien und stellt dann eine ölgelbe, opaleszierende Flüssigkeit dar. Da dieselbe stets beträchtliche Mengen Aluminium enthält, muss es als unentschieden betrachtet werden, ob die disperse Phase aus elementaren Schwefelteilchen nebst Aluminiumteilchen besteht, oder ob es sich um irgendwelche Verbindungen handelt. Im Äthyläther tritt die Zerstäubung des Aluminiums weniger stark hervor. Dieses Sol ist milchartig trüb, und die Teilchen bestehen hier zweifelsohne aus Schwefel; das Sol war sehr unbeständig und koagulierte bald.

3. Darstellung durch Hineinspritzen einer echten Lösung von Schwefel in ein Dispersionsmittel, in dem Schwefel unlöslich ist.

P. P. VON WEIMARN und B. W. MALYSCHEW 1910.

Diese Methode, welche von WM. C. MC C. LEWIS¹ sowie von WILH. OSTWALD² zur Darstellung von Emulsionen organischer Flüssigkeiten

¹ Grösse und elektrische Ladung von Oelteilchen in Oel-Wasser-Emulsionen. Koll.-Zeitschr. 4, 211 (1909).

² Grundriss der allg. Chemie, 4. Aufl. (Leipzig 1909), S. 562, Anm 1.

benutzt und von THE SVEDBERG als allgemeine Darstellungsmethode kolloider Stoffe¹ angegeben wurde, ist von P. P. VON WEIMARN und B. W. MALYSCHEW zur Herstellung kolloider Schwefellösungen benutzt worden.

Eine heisse alkoholische Schwefellösung wurde in kaltes Wasser hineingegossen, wobei sich der Schwefel als Hydrosol abscheidet. Es entsteht eine milchige, bläulichweisse Flüssigkeit, welche aus ziemlich grossen Submikronen besteht.

Die Natur dieser Hydrosole ist, wie unten näher dargelegt werden soll, von den durch Zersetzen aus Schwefelverbindungen gewonnenen ziemlich verschieden.

4. Darstellung durch kathodische Beladung von Schwefel in Wasser.

E. MÜLLER und R. NOWAKOWSKI 1905.

Wenn an ein als Kathode verwendetes Platinblech ein wenig Schwefel angeschmolzen wird, und man eine Spannung von etwa 200 Volt anlegt, entsteht in der Flüssigkeit Schwefel als eine milchige Suspension, während sich Schwefelwasserstoff reichlich bildet. Der Mechanismus dieser Darstellungsmethode dürfte noch nicht erklärt sein.

Es wäre nicht ausgeschlossen, anzunehmen, dass der an der Kathode entstehende Schwefelwasserstoff einfach mit dem an der Anode gebildeten Sauerstoff reagiert, wonach diese Methode auf Oxydation von Schwefelwasserstoff beruht und im Prinzip mit Methode 5 zusammenfallen würde.

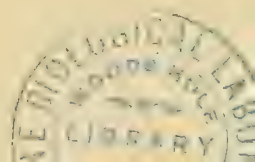
Die Sole bestehen aus deutlichen Submikronen. Amikronen sind kaum nachweisbar.

5. Darstellung durch Oxydation von Schwefelwasserstoff.

C. L. BERTHOLLET 1798, FR. SELMI 1844, H. WACKENRODER 1846, J. STINGL & TH. MORAWSKI 1879, H. DEBUS 1888, J. VALETON 1907.

Dass sich bei Oxydation von Schwefelwasserstoff unter geeigneten Bedingungen Schwefel bildet, der nach heutiger Auffassung als kolloider Schwefel angesehen werden muss, wurde, wie im historischen Teile bereits berichtet worden, schon frühzeitig beobachtet.

¹ Verfahren zur Herstellung von flüssigen oder festen kolloiden Solen oder Gelen. Schwedisches Patent Nr. 27611, 1908, Deutsches Patent D. R. P. Klasse 12g, S. 29141, 3. 6. 09. Englisches Patent Nr. 12908. Französisches Patent Nr. 403592.



Von den in Betracht kommenden Oxydationsmitteln ist es nur Schwefeldioxyd, welches für die Darstellung von Wichtigkeit ist. Das Zusammenbringen geschieht am besten durch Einleitung von gasförmigem Schwefelwasserstoff in eine wässrige Lösung von Schwefeldioxyd.

Die dadurch entstehende, sogenannte *Wackenroder'sche Flüssigkeit* ist Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen, ohne dass ihre Zusammensetzung und die Bildungsbedingungen der dort entstehenden Körper als endgültig aufgeklärt betrachtet werden können.

Als Erster, der den kolloiden Charakter des gebildeten Schwefels erkannte, wenngleich der Name Kolloid zu jener Zeit nicht angewendet wurde, ist FRANCESCO SELMI zu betrachten, welcher somit als Erfinder dieser Darstellungsmethode angesehen werden kann.

Später sind von mehreren Forschern Angaben über die Darstellung von kolloidem Schwefel nach dieser Methode publiziert worden, welche jedoch für die Darstellungsmethode im Prinzip nichts Neues gebracht haben, weshalb hier auf das Resümee im historischen Teil (S. 17 u. f.) verwiesen werden kann.

Neben dem summarischen Verlauf: $2 \text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ bildet sich bei der Einleitung von Schwefelwasserstoff in Schwefeldioxydwasser die von Wackenroder in eben diesem Reaktionsgemisch (1846) entdeckte Pentathionsäure $\text{H}_2\text{S}_5\text{O}_6$.

Daneben, oder als Zersetzungsprodukte der Pentathionsäure, kommen auch Schwefelsäure, H_2SO_4 , sowie Tetrathionsäure, $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$, und Thioschwefelsäure $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (SOBRERO u. SELMI 1850), Trithionsäure, $\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_6$, und auch die wenig untersuchte Hexathionsäure, $\text{H}_2\text{S}_6\text{O}_6$, (DEBUS 1888) vor.

Je nach den verschiedenen Bedingungen, Temperatur und Konzentration der Flüssigkeiten, zeitlichem Verlauf des Einleitens u. s. w., verläuft die Reaktion verschieden.

Die ausführlichsten Untersuchungen über die Wackenroder'sche Flüssigkeit sind von H. DEBUS [33] ausgeführt worden. Nach ihm kann man darin folgende Substanzen erkennen:

- a) flüssiger Schwefel in äusserst feinen Tröpfchen in Suspension;¹
- b) Schwefel in Auflösung als kolloider Schwefel, ähnlich der in Wasser oder verdünnten Säuren gelösten Kieselsäure;²

¹ = Submikronen des kolloiden Schwefels. *Anm. des Verf.*

² = Amikronen des kolloiden Schwefels. *Anm. des Verf.*

- c) Schwefelsäure als Wasserstoffsulfat;
- d) kleine Mengen von Wasserstofftrithionat;
- e) Wasserstofftetraathionat;
- f) Wasserstoffpentathionat;
- g) ein oder mehrere höher geschwefelte Polythionate, wahrscheinlich als Wasserstoffhexathionat.»

Über die kolloide Natur des gebildeten Schwefels sowie über die Berücksichtigung derselben bei Untersuchungen der Wackenroder'schen Flüssigkeit finden sich, wie im geschichtlichen Teil erwähnt wurde, ebenfalls bei DEBUS Angaben.

Schliesslich muss auf die Verneinung der Existenz der Pentathionsäure durch W. SPRING (1878) aufmerksam gemacht werden; nach ihm soll diese einfach aus mit kolloidem Schwefel verunreinigter Tetraathionsäure bestehen.¹

Obgleich die mögliche Verunreinigung der Polythionsäuren durch von der Darstellung herstammenden kolloiden Schwefel in vielen Fällen wahrscheinlich erscheint, geben doch die späteren ausführlichen Untersuchungen von W. LEWES,² sowie von S. SHAW³ und H. HERTLEIN⁴ keinen Anlass zur Bezweiflung der Existenz dieser Säure.

Da keine Untersuchungen über die günstigsten Bedingungen für das Erhalten des bei diesen Reaktionen entstehenden kolloiden Schwefels von früheren Forschern vorhanden sind, habe ich mich ein wenig mit den Entstehungsbedingungen desselben beschäftigt.

Zur Erlangung der Wackenroder'schen Flüssigkeit wird meistens das Verfahren befolgt, dass man abwechselnd Schwefeldioxyd und Schwefelwasserstoff in Wasser einleitet. Es entstehen dabei neben kolloidem Schwefel stets grössere Mengen eines sich schnell absetzenden Schwefels, der im Gegensatz zu dem als Kolloid löslichen Schwefel gewöhnlich als »unlöslich» bezeichnet wird.

Ich fand nun, dass man den Schwefel in fast ausschliesslich kolloider Form erhalten kann, wenn in eine möglichst konzentrierte, kalte Schwefeldioxydlösung ein langsamer Strom von Schwefelwasser-

¹ Ueber die Nichtexistenz der Pentathionsäure. Bull. Acad. Belg. [2] **45**, 5 (1878) [3] **1**, Nr. 2 (1881). Liebig's Ann. **199**, 97—115 (1879), **213**, 329—363, (1882). Vgl. auch Publications du Congrès de Chimie et de Pharmacie Liège **1905**, S. 299—317.

² On Pentathionic Acid. Journ. Chem. Soc. **41**, 300—305 (1882).

³ On the Preparation of the Pentathionates. Journ. Chem. Soc. **43**, 351—355 (1883).

⁴ Beiträge zur Kenntnis der Polythionate. Zeitschr. f. phys. Chem. **19**, 287—317 (1896).

stoff eingeleitet wird. Wenn nach öfterer Wiederholung dieser Einleitung, ohne Zwischenschaltung einer Periode mit Schwefeldioxyd-einleitung, der Schwefel vorsichtig mit Chlornatrium als Koagulum ausgefällt wird, ist die ganze Menge in reinem Wasser wieder löslich und gibt ein haltbares Sol. Die Polythionsäuren bleiben in der Flüssigkeit zurück, und da sich diese allmählich unter Schwefelausscheidung zersetzen, tritt nach einigen Tagen Trübung ein. Der Schwefel, welcher sich jetzt bildet, ist dagegen grösstenteils »unlöslich».

Wenn man, nach dem Einleiten von Schwefelwasserstoff gemäss dem Verfahren von SOBRERO u. SELMI [21], jetzt Schwefeldioxyd einleitet, tritt eine Ausscheidung von »unlöslichem» Schwefel ein.

Es liegt nahe, die Ursache dieser verschiedenen Resultate je nach der Richtung des Einleitens in den Konzentrationsverhältnissen der reagierenden Stoffe zu suchen.

Nach den Untersuchungen von W. BILTZ¹ und später von THE SVEDBERG² gibt es eine Anzahl von Darstellungsmethoden für kolloide Stoffe, z. B. Arsen-trisulfid, Antimon-trisulfid, Gold, Eisenoxyd, wobei die Kolloidbildung bezw. die Dispersität durch Verdünnung der Lösungen der reagierenden Stoffe begünstigt wird.

Für eine andere Klasse von kolloidbildenden Reaktionen dagegen scheint die grösstmögliche Konzentration der reagierenden Körper notwendig oder wenigstens die Kolloidbildung stark begünstigend zu sein. Hierher gehören die Darstellung von kolloidem Bariumsulfat von G. BUCHNER,³ Bleichlorid von A. VAN DE VELDE⁴ sowie die ausführlichen Untersuchungen über die allgemeinen Bildungsbedingungen der gelatinösen Körper von P. P. VON WEIMARN.⁵

Um die Bedeutung der Konzentration der Schwefeldioxydlösung für die Bildung des kolloiden Schwefels nach der obigen Reaktion etwas näher festzustellen, wurden von mir folgende Versuche angestellt.

¹ Nachr. d. k. Akad. Wiss. Göttingen, math.-phys. Klasse, **1906**, 141—156.

² Zeitschr. f. phys. Chem. **77**, 150 ff. (1911).

³ Über eine lösliche kolloidale Modifikation des Bariumsulfats. Chem. Zeitg. **17**, 878 (1893).

⁴ Über kolloidales Bleichlorid. Chem. Zeitg. **17**, 1908 (1893).

⁵ Zur Lehre von den Zuständen der Materie. Koll.-Zeitschr. **3**, **4**, **5**, fast jede Nummer. Speziell **3**, 282—304 (1908). Vgl. auch das Buch: Grundzüge der Dispersoidchemie (Leipzig 1911).

Versuchsreihe.

Durch Einleiten von Schwefeldioxyd in destilliertes Wasser von 10° wurde eine starke Lösung von Schwefeldioxyd hergestellt, welche etwa 1,8-normal war. Von dieser Lösung wurden bestimmte Portionen mit Wasser verdünnt und dann Schwefelwasserstoff in langsamem Strom bis zum Verschwinden des Geruchs von Schwefeldioxyd zugesetzt. Dann wurden die Sole zur Abtrennung des »unlöslichen« Bodensatzes, R, eine halbe Stunde zentrifugiert, darauf der kolloide Schwefel aus der Flüssigkeit mit Chlornatrium total ausgefällt, das Koagulum in reinem Wasser gelöst und dieses Sol auf ein bestimmtes Volumen verdünnt und untersucht. Zur Ermittlung der totalen Menge des kolloiden Schwefels wurde ein abgemessenes Volumen des Sols analysiert und daraus die Totalmenge berechnet. Zur Ermittlung der Menge der verschiedenen grossen Teilchen wurden mittels fraktionierter Koagulation (siehe Abschn. 2 dieses Kapitels) die Teilchen in drei Fraktionen getrennt. I umfasst die völlig amikroskopischen (Fraktion $-0,25$)¹, II die an der Grenze ultramikroskopischer Sichtbarkeit liegenden (Fraktion $0,20-0,15$), III die ultramikroskopisch sichtbaren (Fraktion $0,15-$).

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt, in der die Resultate auf die gleiche Menge, 100 ccm, der ursprünglichen Schwefeldioxydlösung umgerechnet sind. Die Zahlen geben die Mengen in Gramm an.

Tab. 1.

Verdünnung.	Unlöslicher Schwefel, R	Totale Menge kolloiden Schwefels	I	II	III	$\frac{I}{II+III}$	R+S
unverdünnt = A	0,098	8,333	0,910	4,218	3,205	$\frac{12,3}{100}$	8,431
A. 0,8	0,288	9,891	0,160	2,099	7,632	$\frac{1,7}{100}$	10,179
A. $\frac{1}{2}$	0,402	13,022	0,052	0,206	12,764	$\frac{0,4}{100}$	13,424
A. $\frac{1}{4}$	14,908	1,936	Spuren	1,936	—	—	16,844
A. $\frac{1}{8}$	16,98	Spuren	—	Spuren	—	—	16,98

¹ Über diese Bezeichnungsweise und Methode siehe Abschnitt 2 dieses Kapitels, spez. S. 60.

Aus der letzten Kolumne (R + S), welche die totale Schwefelausscheidung bezeichnet, ersehen wir, dass die Reaktion in den konzentrierten Lösungen keineswegs nach dem summarischen Verlauf $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ihr Ende erreicht hat, sondern dass sich noch beträchtliche Mengen unzersetzter Schwefelverbindungen in der Flüssigkeit befinden. Dies ergibt sich auch aus der Untersuchung der Flüssigkeit, nachdem sie von kolloidem Schwefel befreit war. Lässt man nämlich diese längere Zeit stehen, so tritt Zersetzung ein, und es scheidet sich Schwefel ab, welcher grösstenteils aus »unlöslichem» besteht. Gleichzeitig tritt in der, nach Unterbrechung der Schwefelwasserstoffeinleitung, nach diesem Gas riechenden Flüssigkeit eine Entwicklung von Schwefeldioxyd ein. Würde man nun während dieser Zersetzung Schwefelwasserstoff aufs neue einleiten, so würden sich neue Schwefelmengen absetzen und somit die totale Schwefelmenge vermehren. In den verdünnteren Systemen bilden sich derartige schwefelhaltige Zwischenprodukte (wahrscheinlich Polythionsäuren) entweder nur in verschwindender Menge, oder der sekundäre Zersetzungsprozess tritt viel schneller ein.

Betrachten wir ferner die totale Menge kolloiden Schwefels, so ergibt sich, dass mit gesteigerter Konzentration der schwefligen Säure zuerst eine Vermehrung und dann eine Abnahme der Kolloidbildung stattfindet. Was die Dispersität des gebildeten Schwefelhydrosols aber betrifft, so bemerkt man, dass mit zunehmender Verdünnung der schwefligen Säure die Menge der kleinen Teilchen (Kolumne I und II) abnimmt, die der grösseren Teilchen zunimmt (Kolumne III). Dies geht besonders deutlich aus der schnellen Abnahme des Quotienten $\frac{\text{I}}{\text{II}+\text{III}}$ hervor, welcher als Menge $\frac{\text{Amikronen}}{\text{Submikronen}}$ betrachtet werden kann.

Die Zahlen können natürlich nicht als exakte Grössen angesehen werden, sondern sind mit dem zeitlichen Verlauf des Einleitens stark veränderlich, sie geben jedoch die Richtung des Konzentrationseinflusses gut wieder.

Für die Praxis der Darstellung nach dieser Methode geht somit hieraus hervor, dass es, wenn es sich um das Erhalten möglichst hochdisperser Sole handelt, nötig ist, mit möglichst konzentrierter Ausgangslösung von Schwefeldioxyd zu arbeiten und den Schwefelwasserstoff nur zu Beginn der Ausscheidung von »unlöslichem» Schwefel

einzuleiten. Handelt es sich dagegen um Erzielung einer möglichst grossen Ausbeute an kolloidem Schwefel, so ist es vorteilhaft, von weniger konzentrierten Schwefeldioxydlösungen auszugehen (z. B. 1-normalen).

Über die theoretische Bedeutung dieses Konzentrationseinflusses möchte ich auf die im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Darstellungsmethode aus Thiosulfaten angestellten Betrachtungen hinweisen (S. 43 ff.). Wahrscheinlich entsteht der kolloide Schwefel auch hier als Zersetzungsprodukt eines echt löslichen Zwischenproduktes. Wie sich die Einzelheiten der Reaktion vollziehen, dürfte sich in Anbetracht der Schwierigkeit, die erst gebildeten Verbindungen zu isolieren, zur Zeit nicht bestimmen lassen.

6. Darstellung durch Zersetzung der Thiosulfate durch Säuren.

R. ENGEL, 1891, M. RAFFO 1908.

Dass durch Zersetzung einer konzentrierten Lösung von Natriumthiosulfat durch kalte konz. Schwefelsäure kolloider Schwefel gebildet wird, wurde von M. RAFFO [58] 1908 beobachtet. Er gibt auch die Vorschriften zur Darstellung haltbarer amikroskopischer Hydrosole an. Dieselbe Methode wurde mit einigen Abänderungen von THE SVEDBERG [60] sowie von mir [64] benutzt. Obgleich sich Andeutungen für die Existenz des Schwefels in kolloider Form bei der Zersetzung von Thiosulfaten in den Arbeiten älterer Forscher vorfinden mögen, ist doch RAFFO der erste, welcher den gebildeten Schwefel von kolloidchemischen Gesichtspunkten aus untersuchte¹.

Nach den Angaben R. ENGEL's [34], welcher eine kalte konzentrierte Natriumthiosulfat-Lösung durch konzentrierte Chlorwasserstoffsäure zersetzte, könnte man vermuten, dass die von ihm beobachtete eigentümliche »Schwefelmodifikation« kolloider Natur sei. Er schreibt:

»La solution d'acide hyposulphureux dans l'acide chlorhydrique, préparée comme il a été dit plus haut, donne, lorsqu'on l'abandonne à elle même, un précipité de soufre qui ne tard pas à se réunir en flocons jaunes. Dans cet état, le soufre est entièrement soluble dans l'eau. Non seulement il se redissout lorsqu'on ajoute de l'eau au liquide qui le tient en suspension, mais il peut être séparé par decantation de la majeure partie du liquide, puis jeté rapidement sur un filtre, tout en conservant sa solubilité dans l'eau. La solution obtenue est jaune et se décompose très rapidement en donnant le soufre mou ordinaire des hyposulfites. Ces flocons de soufre

¹ Einige Andeutungen in derselben Richtung finden sich bereits bei G. MAGNUS: Über die allotropischen Zustände des Schwefels. Ann. d. Physik **99**, 145—151 (1856).

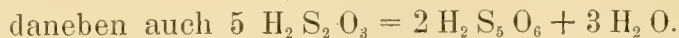
soluble, dans l'eau, ne tardent pas à s'agglomérer en se transformant en soufre mou. Ils ont alors perdu leur solubilité dans l'eau. Cette transformation s'effectue sans qu'il soit possible de saisir un dégagement d'hydrogène sulfuré. Ce fait exclut l'idée que ce corps pourrait être un polysulfure d'hydrogène. Ces polysulfures sont d'ailleurs insolubles dans l'eau et donnent en se décomposant du soufre octaédrique.»

Ich habe die Versuche Engels wiederholt und tatsächlich gefunden, dass ein Teil des ausgeschiedenen Schwefels kolloider Natur ist, dagegen ist die gelbfarbige Substanz, welche im Anfang entsteht, kein kolloider Schwefel, sondern wahrscheinlich eine unbeständige Schwefelverbindung (vgl. weiter unten).

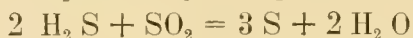
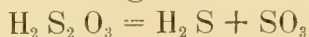
Da indessen bei Zersetzung mit Chlorwasserstoffsäure die Kolloidbildung wesentlich geringer ist als bei Verwendung von Schwefelsäure, so soll im folgenden nur die letztere Reaktion näher besprochen werden.

Über die Zersetzung von Thiosulfaten und die dabei auftretenden Eigentümlichkeiten sind von vielen Forschern Untersuchungen ausgeführt worden, ohne dass der Mechanismus derselben bis jetzt aufgeklärt zu sein scheint.

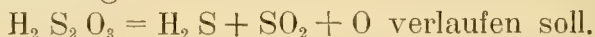
Nach G. CHANCEL und E. DIACON¹ bilden sich aus der freien Thioschwefelsäure nebst Schwefel und Schwefeldioxyd auch erhebliche Mengen Pentathionsäure. Nach DEBUS [33] verläuft die Reaktion:



W. VAUBEL² stellt folgende Gleichungen auf:



Eine abweichende Auffassung vertritt G. VORTMANN,³ nach welchem der Zerfall gemäss der Gleichung



¹ Sur les réactions et la génération des acides de la série thionique. Compt. rend. 56, 710—712 (1863) Journ. f. prakt. Chem. 90, 55—57 (1863).

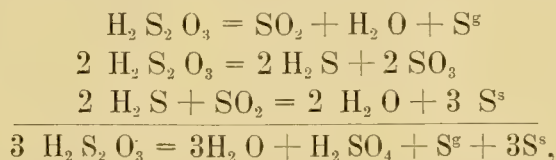
² Über das Verhalten des Natriumsulfats gegen Säuren, insbesondere gegen Schwefelsäure und Salzsäure. Ber. d. dtsh. Chem. Ges. 22, 1686—1894 (1889). Vgl. auch W. VAUBEL, Zeitschr. f. Elektrochem. 2, 273 (1895).

³ Über das Verhalten des Natriumthiosulfats zu Säuren und Metallsalzen. Ber. d. dtsh. Chem. Ges. 22, 2307—2312 (1889).

Bei Abwesenheit von durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metallen wirkt der Sauerstoff auf den Schwefelwasserstoff oxydierend unter Bildung von Schwefel ein, bei Gegenwart von Metallen, deren Sulfide in Säuren schwerlöslich sind, wirkt der Sauerstoff entweder auf das Schwefeldioxyd oxydierend unter Bildung von Schwefelsäure oder auf die unzersetzte Thioschwefelsäure unter Bildung von Tetra- oder Pentathionsäure ein.

Schliesslich wurde von M. BERTHELOT¹ und später in ausführlicher Weise von J. ALOY² gezeigt, dass der Zerfall der freien Thioschwefelsäure eine reversible Reaktion ist, und dass durch Gegenwart der Zersetzungsprodukte die weitere Zersetzung ganz aufgehoben wird.

RAFFO [58]. endlich denkt sich den Vorgang folgendermassen:



wobei mit S^s der kolloide, mit S^z der »unlösliche« Schwefel bezeichnet werden soll.

Über den Mechanismus der Ausscheidung des gebildeten Schwefels liegen auch verschiedene Ansichten vor.

Beim Zusatz von Säuren zu Natriumthiosulfat ist es eine alte Beobachtung, dass die Flüssigkeit anfangs ganz klar ist und es einiger Zeit bedarf, ehe sich der Schwefel abzuscheiden beginnt.

Die oben erwähnten Autoren wie auch andere haben angenommen, dass die freie Säure augenblicklich entstehe, und dass die Verzögerung auf die ziemlich geringe Zerfallsgeschwindigkeit dieser freien Säure zurückzuführen sei.

Eine andere Meinung vertritt A. HOLLEMANN,³ welcher zeigte, dass, wenn vor dem sichtbaren Auftreten des Schwefels durch eine Base neutralisiert wird, die Schwefelabscheidung dennoch auftritt. Das ver-

¹ Recherches sur la série thionique. Annales de Chim. et de Physique [6] **17**, 435—494 (1889).

² Sur les conditions de production et de stabilité de l'acide hyposulfureux. Compt. rend. **137**, 51—53 (1903).

³ Rec. des trav. chimiques Pays Bas **14**, 71—81 (1896); Zeitschr. f. physik. Chem. **33**, 500 (1900).

zögerte Auftreten des Schwefels wird aus der für den Zusammentritt der einzelnen Schwefelatome zu sichtbaren Teilchen nötigen Zeit erklärt, also einfach als eine Art Übersättigung betrachtet; ein auch von WILH. OSTWALD¹ für diesen Vorgang angenommener Erklärungsgrund, wofür besonders die katalytische Beschleunigung durch den bereits abgeschiedenen Schwefel nach Versuchen von G. FOUSSEREAU² herangezogen wurde. Diese Auffassung wurde später von H. v. OETTINGEN,³ sowie von W. BILTZ,⁴ geteilt, welcher letzterer bei ultramikroskopischen Beobachtungen bestätigen konnte, dass das Auftreten von Schwefelteilchen ein plötzliches und kein kontinuierliches ist.

Um dem Mechanismus dieser Reaktion ein wenig näher zu kommen, habe ich mehrere Versuche angestellt, ohne dass indessen die Resultate als entscheidend betrachtet werden können.

Was zunächst das Auftreten von Schwefelwasserstoff bei der Zersetzung betrifft, das von HOLLEMANN verneint wurde, so beobachtet man dieses stets, wie auch RAFFO hervorhebt, bei Zersetzung von konzentrierten Lösungen; die Entstehung bei verdünnten Lösungen scheint mehr zweifelhaft zu sein.

Betreffs der Zersetzung der gebildeten Thioschwefelsäure geht ja aus den Versuchen HOLLEMANNs deutlich hervor, dass eine Reaktion eingetreten ist, welche durch Neutralisation nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Es scheint mir jedoch nicht hinreichend zu sein, die Verzögerung nur einfach als eine Übersättigung zu betrachten, wemit nicht bestritten werden soll, dass die letzte Stufe vor dem Auftreten ultramikroskopischer Teilchen ein Übersättigungsstadium ist, welches für die Kolloidbildung bedeutungsvoll wäre. Die Versuche deuten vielmehr darauf hin, dass im Anfang ein zersetzbarer Zwischenkörper entsteht, durch dessen Zerfall der Schwefel gebildet wird. Da-

¹ Lehrbuch d. allg. Chemie, Bd. II:2, 2. Aufl. (Leipzig 1902), S. 291—294. [Erste Publikation der betr. Lieferung: 1897.]

² Sur la décomposition des hyposulfites par les acides. *Compt. rend.* **104**, 1842—1844 (1887); *Ann. de chim. et de phys.* [6] **15**, 533—544 (1888).

³ Über die Zersetzung des Natriumthiosulfats durch Säuren. *Zeitschr. f. physik. Chem.* **33**, 1—39 (1900).

⁴ Ultramikroskopische Beobachtungen I. Über die Abscheidung des Schwefels aus der Thioschwefelsäure etc. (gemeinschaftlich mit W. Gahl). *Nachr. d. K. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Klasse* **1904**, 300—310 (1904).

für spricht die sehr gleichmässige und mehrere Stunden dauernde Ausscheidung von Schwefel aus der gelben Flüssigkeit, welche entsteht, wenn man kalte konzentrierte Lösungen auf einander wirken lässt und das Reaktionsgemisch andauernd bei tiefer Temperatur aufbewahrt.

Würde es sich um eine einfache Übersättigung handeln, so sollte man, wenn sich erst Schwefel ausgeschieden hatte, eine ziemlich schnelle Aufhebung der Übersättigung erwarten. Dass diese gelbe Flüssigkeit anfänglich nicht, wie man es vermuten könnte, aus kolloidem Schwefel besteht, geht daraus hervor, dass auch sehr intensive Koagulatoren keine Flockung hervorrufen und die Schnelligkeit der Zersetzung anscheinend nicht beeinflussen.

Es würde zu weit führen, hier auf diese Fragen näher einzugehen, umsomehr als die Ergebnisse einiger weiteren Untersuchungen in gewissen Fällen auf ziemlich komplizierte Verhältnisse hindeuten.

Als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen über die Zersetzung der Thiosulfate scheint aber diese von R. ENGEL studierte, bei tiefer Temperatur ausgeführte Reaktion besonderes Interesse darzubieten.

Über die Natur des ausgeschiedenen Schwefels liegen mehrere Beobachtungen vor. Er besteht zum Teil aus in Schwefelkohlenstoff löslichem α -Schwefel, zum Teil aus unlöslichem Schwefel, $S\mu^1$.

Untersuchungen über die Menge des μ -Schwefels bei den Zersetzungen verschiedener Art liegen von A. SMITH und R. H. BROWNLEE² vor.

Für vorliegende Arbeit ist es natürlich besonders wichtig, die Faktoren näher zu untersuchen, welche das Entstehen des Schwefels in kolloider Form bedingen.

Die für die Kolloidbildung günstigsten Bedingungen.

Nach der allgemeinen Theorie der Kolloidbildung von P. P. VON WEIMARN³ ist die wesentliche Bedingung für das Auftreten eines Körpers im kolloiden Zustand ein möglichst grosser Wert des Ausdrucks $\frac{Q-L}{L}$, worin Q die im Moment der Ausscheidung des fraglichen Stoffes

¹ Nach anderer Nomenklatur γ -Schwefel.

² Über den amorphen Schwefel VI. Zeitschr. f. physik. Chem. **61**, 209—226 (1907).

³ Zur Lehre von den Zuständen der Materie. Koll.-Zeitschr. **3**, **4**, **5**, fast jede Nummer. Grundzüge der Dispersoidchemie (Leipzig 1911); daselbst ausführl. Litteraturverzeichnis.

vorhandene Menge desselben pro Volumeinheit und L die gewöhnliche Löslichkeit des Stoffes bedeutet.

Betrachten wir von diesem Gesichtspunkt aus die obenerwähnte Reaktion, so ergibt sich folgendes:

Mit Steigerung der Konzentration der Reaktionskomponenten muss sich die Konzentration des angenommenen gelben Zwischenproduktes vermehren und folglich auch die Konzentration des Schwefels Q im Moment des ersten Zerfalls dieses Zwischenproduktes.

Die grösstmögliche Konzentration der Reaktionskomponenten wäre somit für die Kolloidbildung befördernd.

Was den Einfluss der Temperatur auf die Kolloidbildung betrifft, so liegen die Verhältnisse hier weniger einfach. Denn einerseits wird, wie durch spezielle Versuche gefunden wurde, die Zersetzungsgeschwindigkeit durch Temperatursteigerung grösser, was einen grösseren Wert von Q bedingt, andererseits kann man eine Vermehrung der Löslichkeit des Schwefels bei gesteigerter Temperatur vermuten, wodurch L grösser wird.

Es hängt somit vom Grade dieses Zuwachses der beiden Grössen ab, ob die Temperatursteigerung auf den Ausdruck $\frac{Q-L}{L}$ und folglich auf die Kolloidbildung günstig wirkt oder nicht. Da wir jedoch Q und L als Funktionen der Temperatur nicht kennen, so kann man von vornherein nichts Entscheidendes darüber sagen. RAFFO scheint ohne weiteres eine Abkühlung als die Kolloidbildung begünstigend anzunehmen und empfiehlt die Verwendung einer guten Kühlung. Es ist jedoch durchaus wahrscheinlich, dass die Zersetzungsgeschwindigkeit mit der Temperatur viel schneller wächst als die Löslichkeit des Schwefels, und es dürfte somit, wenn nicht andere Faktoren infolge der Temperatursteigerung verringernd auf die Kolloidbildung einwirken, die Kolloidbildung mit Temperatursteigerung wachsen.

Derartige sekundäre Einflüsse verschiedener Art, welche irreversible Koagulationen hervorrufen und somit auf die Teilchen zerstörend einwirken, liegen insbesondere in den grossen Salzmengen, welche zweifelsohne bei erhöhter Temperatur sehr intensiv wirken, vor (vgl. Kap. V, Abschn. 11). Es müssen somit, um den Temperatureinfluss auf die Kolloidbildung zu ermitteln, geeignete Versuche angestellt werden.

Ehe jedoch die Versuchsergebnisse betreffs des Einflusses von Konzentration und Temperatur besprochen werden, muss auf einen wichtigen Umstand hingewiesen werden, der von fast ebenso grossem Einfluss wie diese beiden Faktoren zu sein scheint: den verschiedenartigen Zusatz der beiden Reaktionskomponenten.

Da es sich um zwei Flüssigkeiten, Schwefelsäure und Natriumthiosulfatlösung handelt, welche sehr energisch mit einander reagieren, kann man ja vermuten, dass der zeitliche Verlauf des Zusammenbringens, das Rühren etc. von grosser Bedeutung sind. Die Versuche bestätigten dies durchaus, und daraus folgte die Notwendigkeit, in den anderen Versuchsreihen, wo die Temperatur oder die Konzentration variiert wurde, eine möglichst grosse Gleichheit bezüglich dieser Zusatzbedingungen einzuhalten.

Erste Versuchsreihe.

Einfluss verschiedenartigen Zusatzes auf die Kolloidbildung.

Die Versuche wurden mit Natriumthiosulfatlösungen von der Konzentration 745 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ aq}$ pro Liter (= 3-normal) und Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,84 (= 17,9-normal) ausgeführt.

Zu jedem Versuch wurden 30 ccm Natriumthiosulfatlösung und 10 ccm Schwefelsäure verwendet. Die ersten Momente der verschiedenen Versuche wurden variiert und zwar in folgender Weise:

- Versuch 1: Die Schwefelsäure wurde unter Rühren schnell (5 Sekunden) in die Thiosulfatlösung gespritzt.
- Versuch 2: Die Thiosulfatlösung wurde schnell (10 Sekunden), aber ohne Rühren in die Schwefelsäure gespritzt.
- Versuch 3: Die Thiosulfatlösung wurde in einem Gusse zur Schwefelsäure zugesetzt, sodann bis zum Aufhören der Schwefeldioxydentweichung gut durchgerührt.
- Versuch 4: Die Thiosulfatlösung wurde während 1 Minute 5 Sekunden aus einer Bürette in einem feinen Strahl zur Schwefelsäure zugesetzt, wobei sowohl während des Zusetzens als bis zum Aufhören des Schwefeldioxydentweichens gut gerührt wurde.
- Versuch 5: Die Thiosulfatlösung wurde tropfenweise während 15 Minuten unter gutem Rühren zur Schwefelsäure zugesetzt. Das Entweichen von Schwefeldioxyd war gleichzeitig beendet.

Das Zusammenbringen der Flüssigkeit geschah in einem 205 ccm fassenden hohen Zentrifugierrohr, und die Versuchstemperatur der beiden Lösungen betrug 17° vor dem Zusammengiessen.

Nach Beendigung der Reaktion wurden alle fünf Versuchsportionen gleichmässig behandelt und zwar folgendermassen:

Zuerst wurden die Reaktionsgemische eine halbe Stunde in Ruhe gelassen und dann mit 50 ccm gesättigter Chlornatriumlösung versetzt, wodurch die ganze, in kolloider Form vorhandene Schwefelmenge ausgeflockt wird; letztere wurde dann zusammen mit dem »unlöslichen Teil« durch Zentrifugieren während einer halben Stunde¹ abgetrennt. Der Bodensatz wurde sodann zweimal mit 200 ccm warmem, ca. 80° -igem Wasser ausgelaugt, wobei der kolloide Schwefel in der nun salzarmen Flüssigkeit als Sol gelöst wurde. Jedesmal wurde nach Zusatz des Wassers die Flüssigkeit eine halbe Stunde zentrifugiert, um den nicht kolloid löslichen Schwefel abzutrennen. Derselbe wurde sodann auf ein gewogenes Analysenfilter gebracht, einigemal mit Wasser ausgewaschen, bei 115° getrocknet und gewogen. Dieser »unlösliche« Schwefelrest ist in den Tabellen mit R bezeichnet.

Die den kolloiden Schwefel enthaltende Flüssigkeit wurde dann zusammen mit dem zum Waschen des »unlöslichen Schwefels« (R) verwendeten Wassers auf 0° abgekühlt und durch konzentrierte Natriumchloridlösung total koaguliert. Das Koagulum wurde abgetrennt, in reinem Wasser gelöst, auf ein bestimmtes Volumen verdünnt, und dann ein abgemessenes Volumen dieser Flüssigkeit analysiert und daraus die totale kolloide Schwefelmenge berechnet.

Die Analysenresultate sind in folgender Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab. 2.

Versuch	»unlöslicher« Schwefel R	kolloider Schwefel S	Totale Schwe- felmenge R + S
1.	1,828	0,851	2,679
2.	1,492	0,984	2,476
3.	1,265	1,547	2,812
4.	1,010	1,783	2,793
5.	0,843	1,973	2,816

¹ Die elektromotorisch betriebene Zentrifuge, welche einen Radius von 19 cm hatte, arbeitete mit ca. 2500 Drehungen pro Minute.

Hieraus ergibt sich zunächst, dass, falls die Reaktion sehr heftig verläuft, die totale Schwefelmenge geringer ist als bei etwas mehr gemässigter Reaktion. Die Ursache hiervon dürfte teilweise darin zu suchen sein, dass Schwefelwasserstoff zu den im ersten Moment entweichenden Gasen gehört, welche fortgeführt werden, und es daher für die weitere Oxydation verloren geht. Dies dürfte jedoch nicht die einzige Ursache sein, denn es wurde auch in späteren Versuchen, wo dieser Verlust infolge anderer Versuchsanordnungen sehr unbedeutend war, gefunden, dass bei Verschlechterung der die Kolloidbildung fördernden Bedingungen auch die Totalmenge des gebildeten Schwefels abnimmt. Ein Teil dieses entslüpfenden Schwefels befindet sich in den Lösungen, welche zuerst durch Zentrifugieren von »unlöslichem« Schwefel und dann durch Totalkoagulation von dem kolloiden Schwefel befreit wurden, wahrscheinlich in Form von Polythionsäuren, welche sich allmählich in Schwefeldioxyd und Schwefel zersetzen, wobei letzterer als »unlöslicher« Schwefel ausfällt, was stets bei längerem Aufbewahren dieser Lösungen beobachtet wurde. Dass der Schwefel in diesen Lösungen nicht¹ in äusserst hoch disperser Form vorkommt, geht daraus hervor, dass auch die intensivsten Koagulatoren, wie BaCl_2 , das schon in 0,002-normaler Konzentration die Sole koaguliert, hier in keiner Konzentration eine Trübung hervorrufen.

Betrachtet man sodann die Menge des gebildeten kolloiden Schwefels in den verschiedenen Fällen, so sieht man, dass ein langsames Zusetzen auf die Kolloidbildung fördernd einwirkt. Ferner ergibt sich, dass, um günstige Resultate zu erzielen, die Säure nicht zur Thiosulfatlösung zugesetzt werden darf (Versuch 1), sondern die Thiosulfatlösung zur Säure, was im Einklang mit der folgenden Versuchsserie dadurch verständlich wird, dass die im ersten Momente zugesetzte Säure verdünnt wird und dadurch weniger kolloiden Schwefel liefert.

Allerdings darf der Zusatz nicht allzu langsam erfolgen, so dass der anfangs gebildete kolloide Schwefel sich längere Zeit mit der konzentrierten Säure in Berührung befindet, denn in diesem Falle erleidet der gebildete kolloide Schwefel sekundär irreversible Zustandsänderungen, welche die Ausbeute vermindern.

¹ Wie es W. Spring für die Pentathionsäure annimmt loc. cit. (siehe S. 35, Anm. 1).

So erhält man z. B., wenn man statt 30 ccm der Thiosulfatlösung 5 ccm verwendet, den ganzen Schwefel in unlöslicher Form, falls man nicht rasch nach Zusatz der Thiosulfatlösung durch Verdünnung die gebildeten Teilchen vor der koagulierenden Wirkung der konz. Schwefelsäure schützt. Durch derartige sekundäre Einflüsse lassen sich mehrere Anomalien erklären, welche auftreten, wenn man die verschiedenen Einzelversuche einer Versuchsreihe in nicht völlig gleichmässiger Weise behandelt.

Allerdings treten auch bei möglichst gleichmässiger Einhaltung der Versuchsbedingungen oft Verschiedenheiten bezüglich der quantitativen Seite der Resultate auf, welche sich bis auf 10 Proz. der Zahlenwerte belaufen können, meistens aber weniger als 5 Proz. betragen, und welche darauf hinweisen, dass der Verlauf dieser Reaktion in unbekannter Weise auch von anderen Faktoren als den hier betrachteten beeinflusst wird.

Zweite Versuchsreihe.

Einfluss der Konzentration der reagierenden Komponenten auf die Kolloidbildung.

Verwendet man statt konzentrierter Schwefelsäure verdünnte, so verläuft die Reaktion wesentlich anders. Es lässt sich kaum eine Entwicklung von Schwefelwasserstoff wahrnehmen, die Flüssigkeit bleibt nach Zugabe der Säure bedeutend länger klar, und der Zersetzungsverlauf ist weniger stürmisch. Was die Kolloidbildung anbelangt, so erhält man in diesem Fall nur Spuren von Amikronen, und auch Submikronen von so geringer Grösse, dass sie nicht sedimentieren, erscheinen nur spärlich.

Wenn man dagegen konzentrierte Schwefelsäure verwendet, so ist die Konzentration der Thiosulfatlösung von grossem Einfluss auf die gebildete Menge kolloiden Schwefels, was man aus folgender, in Tab. 3 wiedergegebener Versuchsreihe deutlich ersieht.

Die Versuche wurden mit denselben Ausgaüglösungen wie in der ersten Versuchsreihe ausgeführt, und in den verschiedenen Einzelversuchen die Thiosulfatlösung vor der Reaktion mit bestimmten Mengen Wasser verdünnt. Die Vermischung der Flüssigkeiten geschah in derselben Weise wie in Versuch 3 der ersten Versuchsreihe, nur dass statt in einem Gusse der Zusatz in ca 5 Sekunden geschah, die Versuchs-

temperatur war etwas niedriger, ca. 10° C. Im übrigen wurde die Behandlung der Reaktionsgemische in der dort angegebenen Weise vorgenommen. Ausser der Gesamtmenge des gebildeten kolloiden Schwefels wurde auch die Beschaffenheit desselben durch Abtrennung in Amikronen und Submikronen nach der Methode der fraktionierten Koagulation [siehe Abschnitt 2 dieses Kapitels] vorgenommen, und zwar wurde als Fraktionsgrenze 0,20-normales Chlornatrium benutzt. Ehe diese Fraktionierung vorgenommen wurde, war durch wiederholtes Koagulieren mit konzentriertem Natriumchlorid und Wiederauflösung des Koagulums das Sol von anhaftender Schwefelsäure befreit worden. In Tabelle 3 ist unter A diejenige kolloide Schwefelmenge, welche durch 0,20-normales Chlornatrium nicht gefällt wird, unter B die koagulierte Menge, unter R der »unlösliche« Schwefel, in Gramm gerechnet, aufgeführt.

Tab. 3.

Einfluss der Konzentration der Thiosulfatlösung auf die Kolloidbildung.

17,9-normale Schwefel- säure ccm	3-normale $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ccm	Wasser ccm	»Unlöslicher Schwefel« R	Kolloider Schwefel S	A	B	R + S
10	30	0	1,031	1,691	0,910	0,781	2,722
10	30	5	1,365	1,353	0,022	1,331	2,718
10	30	10	1,282	1,273	Spuren	1,273	2,555
10	30	20	1,463	1,070	Spuren	1,070	2,533
10	30	30	2,123	0,384	—	0,384	2,507
10	30	50	2,439	0,059	—	0,059	2,498

Von Interesse ist es, diese Befunde mit den mittelst Methode 5 für die Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Schwefeldioxyd erhaltenen Resultaten zu vergleichen (S. 37 ff.). Es wurde dort gefunden, dass mit abnehmender Konzentration der schwefligen Säure die Menge amikroskopischen Schwefels sich vermindert, während die der Submikronen sich vermehrt. Bei der Methode 5 gab es auch eine gewisse geringere Konzentration, wo die totale kolloide Schwefelmenge maximal war, während hier bei der Methode 6 dieselbe sich mit der Verdünnung stets vermindert.

Dass dieses verschiedenartige Verhalten der beiden Methoden seine Ursache in den sekundären Wirkungen seitens irreversibel koagulierender Stoffe bei Methode 6 hat, welche die erst gebildeten Submikronen zerstören, scheint nicht unwahrscheinlich zu sein.

Dritte Versuchsreihe.

Einfluss der Versuchstemperatur auf die Kolloidbildung.

Diese Versuche wurden ebenfalls mit denselben Lösungen ausgeführt wie in der ersten und zweiten Versuchsserie.

Um eine Temperaturveränderung, beim Niederspritzen der Thiosulfatlösung in einem dünnen Strahl wie in der vorigen Versuchsreihe zu vermeiden, wurde das Zusammenbringen der Flüssigkeiten so ausgeführt, dass zuerst 10 ccm der konz. Schwefelsäure auf den Boden einer grossen Zentrifugieröhre eingeführt und nebst 30 ccm der 3-normalen Natriumthiosulfatlösung, die in einem kleinen Becherglas aufbewahrt wurde, in einer grösseren Wasserschale auf die entsprechende Versuchstemperatur gebracht wurden. Bei dem ersten Einzelversuch wurde statt Wasser eine Kältemischung verwendet. Nach Annahme der gewünschten Temperatur wurde dann die Thiosulfatlösung schnell unter Rühren zur Schwefelsäure gegossen. Die weitere Behandlung des Reaktionsgemisches wurde gleich der bei der zweiten Versuchsreihe vorgenommen.

Die Resultate sind in Tab. 4 wiedergegeben, wo dieselben Bezeichnungen wie in Tab. 3 angewendet sind.

Tab. 4.

Einfluss der Temperatur auf die Kolloidbildung.

17,9-normale Schwefelsäure ccm	3-normale $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ccm	Temperatur der Lösungen in C°-Graden	Maximal- temperatur während der Reaktion	»Unlös- licher» Schwefel R	Kolloider Schwefel S	A	B	R + S
10	30	- 5°	+ 32°	1,659	0,879	0,292	0,587	2,538
10	30	+ 15°	+ 45°	1,643	1,041	0,330	0,711	2,684
10	30	+ 25°	+ 50°	1,238	1,299	0,790	0,509	2,537
10	30	+ 35°	+ 56°	1,620	1,019	0,635	0,384	2,639

Es gelingt nicht, Schwefelsäure von noch höherer Temperatur als im letzten Versuch zu verwenden, da die Reaktion sonst fast explosionsartig verläuft und die Masse zum Teil aus dem Gefäss ausgeschleudert wird.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Temperatursteigerung zuerst fördernd sowohl auf die totale Kolloidbildung als auch auf die Dispersität des kolloiden Schwefels bis zu ca. 30° einwirkt. Bei weiterer Steigerung bemerkt man eine Abnahme, die jedoch möglicherweise ihre Ursache in einer sekundären Einwirkung auf den bereits gebildeten kolloiden Schwefel hat [vgl. Kap. V, Abschn. 11].

* *

Fassen wir die Entstehungsbedingungen des kolloiden Schwefels kurz zusammen, so lässt sich sagen, dass eine möglichst hohe Konzentration der reagierenden Stoffe auf die *Kolloidbildung* günstig einwirkt. Was die Temperatur anbetrifft, so wirkt eine Steigerung derselben wahrscheinlich ebenfalls fördernd.

Daneben müssen wir auch die *Erhaltung* des einmal gebildeten kolloiden Schwefels in dem entstehenden Reaktionsgemisch betrachten.

Es ergibt sich in dieser Hinsicht, wie in Kap. V, Abschn. 1, 4 und 11 ausführlicher dargelegt wird, dass die Kationen eine koagulierende, die Anionen eine dispergierende und schützende Wirkung ausüben. Die Temperatursteigerung wirkt zwar hindernd auf den reversiblen Koagulationsprozess, verursacht aber bei Vorhandensein etwas grösserer Konzentrationen der koagulierenden Kationen leicht irreversible Zustandsänderungen. Bei einer optimalen Temperatur, ehe sich diese zerstörenden Wirkungen mehr bemerkbar machen, ist daher die Menge des gebildeten Kolloids am grössten.

Praktisch und von Vorteil ist es, die Darstellung in kleineren Portionen vorzunehmen, mit einem Reaktionsgemisch von ca. 100 ccm, und nicht allzu grosse Lösungen auf einander einwirken zu lassen.

Ferner ist es vorteilhaft, sofort nach Darstellung des kolloiden Schwefels die Flüssigkeit schnell abzukühlen, durch Zusatz von reiner Natriumchloridlösung den ganzen kolloiden Schwefel zu koagulieren und das Koagulum durch Zentrifugieren schnell von der Flüssigkeit zu trennen. Die Neutralisation des sauren Reaktionsgemisches mit Natriumkarbonat, wie sie RAFFO ausführte, ist nicht anzuraten, da

die kolloiden Teilchen durch alkalische Lösung verändert werden und solche Sole weit unbeständiger sind [vgl. Kap. V, Abschn. 12]. Wenn man nach den Vorschriften RAFFO's das sehr salz- und säurereiche Reaktionsgemisch nach beendigter Reaktion auf 80° erwärmt und einige Zeit in dieser Temperatur erhält, »klärt sich die Flüssigkeit fast ganz und nimmt die schwefelgelbe Farbe an».

Dieser Vorgang besteht darin, dass bei dieser hohen Temperatur und hohem Elektrolytgehalt die grösseren submikroskopischen Teilchen, welche der Flüssigkeit ein milchiges Aussehen verleihen, irreversibler Koagulation anheimfallen und daher verloren gehen, so dass nur die stabileren Amikronen zurückbleiben.

Lässt man dagegen die Reaktion ziemlich schnell verlaufen und koaguliert die Teilchen sogleich in reversibler Weise, so können sie abgetrennt werden und gehen nicht verloren. Die Trennung von den Amikronen geschieht dann leicht durch fraktionierte Koagulation.

Nach Befreiung des Koagulums von der Flüssigkeit wird dasselbe mit 80°-igem reinem Wasser behandelt und geht in Sol über, wobei der »unlösliche« Schwefel zurückbleibt. Dieser wird abzentrifugiert, und die Flüssigkeit enthält den kolloiden Schwefel. Über weitere Reinigungen wird in den folgenden Abschnitten ausführlicher berichtet.

7. Gelatine als Schutzkolloid.

C. A. LOBRY DE BRUYN 1900, A. HIMMELBAUER 1909,
R. E. LIESEGANG 1910.

Durch Verwendung von ca. 15 %-igen Gelatinelösungen gelang es C. A. LOBRY DE BRUYN, den gesamten Schwefel, der sich beim Zersetzen von Natriumthiosulfat durch Säuren bildet, als kolloiden Schwefel zu erhalten. 10 ccm einer 20 %-igen Gelatinelösung mit 5 ccm einer 0,4-normalen Thiosulfatlösung wurden mit einer Mischung von 10 ccm einer 20 %-igen Gelatinelösung und 5 ccm 0,4-normaler Salzsäure bei 30° schnell vermischt und dann auf 0° abgekühlt. Die Gelatine blieb etwa eine Viertelstunde hell und trübte sich erst allmählich.

A. HIMMELBAUER gelang es im Anschluss an einige vorläufige Versuche von F. CORNU durch Hineinlegen fester Stücke Gelatine oder Agar-Agar in Lösungen von Ammoniumpolysulfiden oder Schwefelwasserstoff, weisslichtrübe Bildungen kolloiden Schwefels in den hineingelegten Stücken zu bekommen. Die Zersetzung des Sulfides ist nach

R. E. LIESEGANG durch den Säuregehalt der Gelatine bedingt und nicht wie HIMMELBAUER annimmt, als katalytische Beschleunigung der Oxydation mittels Luftsauerstoffs durch die Gelatine aufzufassen.

In ähnlicher Weise wurden von R. E. LIESEGANG durch Zutropfen von Zitronensäure auf mit Natriumthiosulfat versetzten Gelatinehäutchen Schichtungen hergestellt, welche aus kolloidem Schwefel bestanden.

In allen diesen Fällen handelt es sich jedoch um starre Gallerte, die von der dispersen Schwefelphase durchsetzt waren, flüssige Sole oder kolloide Lösungen im gewöhnlichen Sinne liegen nicht vor, und gegen den Schwefel scheint die Gelatine, wie aus einigen von mir angestellten Versuchen hervorgeht, keine solche spezielle Schutzwirkung auszuüben wie z. B. gegen Gold, wo bekanntlich noch bei Konzentrationen von 0,001 % die Gelatine deutlich eine schützende Wirkung ausübt.

8. Zucker als Schutzkolloid.

C. A. LOBRY DE BRUYN 1902.

Im Anschluss an die vorhergehende Methode versuchte C. A. LOBRY DE BRUYN später, Rohrzucker als Schutzkolloid zu verwenden. 65 %-ige Zuckerlösung zeigte jedoch eine schwächere schützende Wirkung als die früher verwendeten ca. 15 %-igen Gelatinelösungen; doch gelang es ziemlich stabile Kolloide von Solnatur zu erhalten.

9. Eiweisskörper und ihre Abbauprodukte als Schutzkolloide.

Chem. Fabrik von Heyden, Akt.-Ges. 1904.

Die wichtigste von den Methoden, welche darauf hinzielen, durch Verwendung von Schutzkolloiden stabile kolloide Schwefellösungen darzustellen, ist die von der Chem. Fabrik von Heyden patentierte, mit der sich Präparate mit bis zu 95 % Schwefel darstellen lassen. Nach der Patentschrift lässt man nach irgend einer Reaktion Schwefel in Gegenwart von Eiweisskörpern oder deren Spaltungs- und Abbauprodukten entstehen. Aus der rohen Reaktionsmischung wird durch Ansäuern der Schwefel ausgefällt und nach Waschung in schwach alkalischem Wasser gelöst. Es wird dann aufs neue gefällt und gelöst und nochmals mit Alkohol, Alkohol und Ather oder Aceton gefällt. Durch Dialysieren gelingt es, die meisten Verunreinigungen zu entfernen. Das

so gewonnene milchigweisse Schwefelpräparat, welches einige Prozente Eiweisstoffe als Schutzsubstanz enthält, ist beim Eintrocknen, sowie bei Koagulation mit Alkali- und Ammoniumsalzen völlig reversibel und lässt sich gut als festes weissgraues Pulver aufbewahren, das in Wasser leicht lösbar ist.

10. Seife als Schutzkolloid.

R. MANN 1905.

Nach der sehr allgemein gehaltenen Patentschrift wird Schwefel in geeignetem Lösungsmittel gelöst und die Lösung mit der Seife unter Zusatz einer Kolloidssubstanz unter Wiedergewinnung des Lösungsmittels versetzt. Welche Lösungsmittel verwendet werden sollen, und welche Eigenschaften die emulgierten Stoffe haben, ist nicht angegeben.

11. Glycerin als Schutzkolloid.

L. SARASON 1907.

Nach dieser Methode wird Schwefel in Gegenwart von Glycerin aus Thiosulfat durch Säuren oder durch Oxydation von Schwefelwasserstoff mittels Schwefeldioxyd dargestellt.

12. Glutin und dessen Spaltungs- und Abbauprodukte als Schutzkolloid.

CHR. KELBER u. A. SCHWARZ 1911.

Diese Methode scheint der obenerwähnten Methode 9, sowohl betreffs Ausführung als Eigenschaften des erhaltenen Präparates, ziemlich nahe zu stehen, nur dass statt Eiweisstoffe hier Glutin und dessen Spaltungs- und Abbauprodukte als Schutzstoffe verwendet werden.

* *

Zum Schluss sei im Zusammenhang mit diesem Überblick über die Herstellungsmethoden von Schwefelsolen bemerkt, dass auch in manchen anderen Reaktionen, in denen elementarer Schwefel gebildet wird, derselbe anfangs in so feiner Verteilung entsteht, dass man von kolloidem Schwefel sprechen kann. Diese sind jedoch, soweit sich die bisherige Erfahrung erstreckt, ziemlich instabil, und eine ausführlichere Erwähnung derselben würde in kolloidchemischer Hinsicht wenig Interessantes bieten.

2.

Darstellung von Schwefelsolen mit Teilchen gleicher Grösse.

(Fraktionierte Koagulation).

Die nach den allgemeinen Darstellungsmethoden hergestellten Sole bestehen oft aus Teilchen von sehr verschiedener Grösse, welche wahrscheinlich von $< 1 \mu\mu$ bis zu $200-300 \mu\mu$ variieren. Noch grössere Teilchen werden durch die Zentrifugierung bei der Darstellung als »unlöslicher« Schwefel abgetrennt.

Da es für viele Untersuchungen kolloider Systeme von Bedeutung ist, dass die Teilchen von gleicher Grösse sind (monodisperse, isopsegmatische Systeme), habe ich nach Methoden gesucht, um Teilchen von einer gewissen Grösse abzutrennen. Diejenige Methode, welche hier zunächst in Betracht zu kommen scheint, ist die von H. BECHOLD besonders ausgearbeitete »Ultrafiltration«.

Bei Versuchen, nach dieser Methode die Sole durch Gallertfilter verschiedener Durchlässigkeit in Fraktionen zu zerlegen, gelang es zwar eine durch grosse Teilchen verunreinigte Lösung von diesen zu befreien; dieselben blieben aber an den Filtern haften und liessen sich nur schwer zurückbekommen. Andere auftretende Komplikationen schienen darauf hinzuweisen, dass die Pressung durch die konzentrierte Gallerte möglicherweise eine Deformation der Teilchen bewirkte. Diese und andere Schwierigkeiten mehr praktischer Natur machten es notwendig, nach einer anderen Methode zu suchen, durch welche eine Zerlegung in Fraktionen von verschiedener Teilchengrösse bewerkstelligt werden konnte.

Bei meinen unten ausführlicher besprochenen Versuchen über die Koagulation der Schwefelhydrosole durch verschiedene Elektrolyte hatte ich mehrmals beobachtet, dass Sole, welche aus Submikronen bestanden, den Elektrolyten gegenüber empfindlicher waren als solche, welche nur aus Amikronen zusammengesetzt waren.

Es lag somit nahe, eine auf Verwendung variierender Salzkonzentration basierte Methode zur Abtrennung von Teilchen mit abnehmender Grösse zu verwenden. In der Tat ist eine ähnliche Methode schon lange in der Eiweisschemie als »Fraktionierte Aussalzung« be-

kannt, obwohl hier nicht die entscheidende Bedeutung der Teilchengrösse als Ursache für die verschiedene Empfindlichkeit völlig erkannt wurde.

Man fand hier einfach, dass bei fraktionierter Aussalzung eines Gemisches mehrerer Eiweisstoffe die bei kleineren Salzkonzentrationen ausfallenden Stoffe von komplizierterem Bau waren als die erst bei grösseren Konzentrationen ausfallenden. Da später besonders einfach konstituierte Eiweisstoffe gefunden wurden¹, welche leicht aussalzbar waren, gelangte man zwar zu der Annahme², dass es sich hier um grössere Teilchen des einfach konstituierten Stoffes handle; eine experimentelle Untersuchung, um zu erforschen, ob die verschiedene Grösse der Eiweissteilchen oder vorherrschend spezifische Eigenschaften der Stoffe die Ursache der verschiedenen Empfindlichkeit gegen Elektrolyten sind, scheint, soweit mir bekannt, bis jetzt nicht vorzuliegen.³

Um der Frage nach dem Einfluss der Teilchengrösse auf die Stabilität etwas näher zu treten, wurden deshalb von mir Untersuchungen mit Schwefel- und Silberhydrosolen ausgeführt, worüber bereits an anderer Stelle berichtet worden ist [77].

An dieser Stelle soll nur das methodisch wichtige Verfahren geschildert werden, durch das es mir gelang, ein polydisperses Schwefelhydrosol in Fraktionen verschiedener Teilchengrösse zu zerlegen.

Als Ausgangsmaterial dienten teils die durch Zersetzen von Natriumthiosulfat mit Schwefelsäure nach M. RAFFO dargestellten, teils die durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in schweflige Säure erhaltenen Schwefelhydrosole. Die ersteren sind, namentlich wenn die Thiosulfatlösung langsam zur Säure geträpelt wird, von geringerer Verschiedenheit der Körner und disperser als die letzteren.

Die ungleich grossen Teilchen dieses gemischten Sols besitzen nun unter sonst gleichen Verhältnissen mit abnehmender Teilchengrösse abnehmende Empfindlichkeit gegen den Koagulator, und die Arbeitsmethode geht darauf aus, die Konzentration des Koagulators bestimmte Schwellenwerte erreichen zu lassen und für jede Konzentration die ungefällten Teilchen abzutrennen. Man kann natürlich auch von

¹ E. Fischer u. E. Abderhalden. Ber. d. deutsch. Chem. Ges. **40**, 3546 (1907).

² Wo. Ostwald: Grundriss der Kolloidchemie, I. Aufl. (Dresden 1909), S. 457.

³ Sofern ich Gelegenheit dazu finde, beabsichtige ich später Untersuchungen hierüber anzustellen im Zusammenhang mit ausführlicheren Studien über die Gleichgewichte zwischen reversiblen Kolloiden und Salzlösungen.

kleineren nach grösseren Schwellenwerten fortschreiten und die einzelnen Koagula als Fraktionen absondern. Als Koagulator wurde stets Chlornatrium verwendet. Da erfahrungsgemäss eine solche Abtrennung einerseits nicht vollständig und scharf verläuft, und ferner vielen Bedingungen unterliegt, die von ziemlich grossem Einfluss auf die zur Ausfällung von Teilchen einer gewissen Grösse nötigen Schwellenwerte des Koagulators sind, so habe ich, um möglichst grosse Übereinstimmung bei verschiedenen Versuchsreihen zu erzielen, die verschiedenen Einflüsse untersucht, wonach bei den fortgesetzten Untersuchungen stets unter denselben Versuchsbedingungen gearbeitet wurde. Ein etwas ausführlicherer Bericht scheint mir daher berechtigt, und zwar möge dies unten an einem konkreten, als typisch anzusehenden Beispiele geschehen.

Zuerst seien aber die wichtigsten Einflüsse auf die Schwellenwerte erwähnt. Sie stimmen im allgemeinen mit früheren Beobachtungen verschiedener Autoren über die Koagulation der Kolloide überein.

Bei gegebener Teilchengrösse sind zu beachten:

I. *Die Koagulationszeit.* Wenn man die Salzlösung längere Zeit einwirken lässt, so liegt die Schwellenkonzentration niedriger, als wenn man die Salzlösung schnell bis zur Ausflockung hinzusetzt.

Die Beobachtung lehrt jedoch, dass, wenn man bis zu beginnender Ausflockung mit Salzlösung versetzt, die Koagulation binnen der ersten 10 Minuten ziemlich vollständig stattfindet, obgleich die Sedimentation oft langsam vor sich geht. Bei den Koagulationen wurde stets die Flüssigkeit nach Zusatz des Koagulators 15 Minuten stehen gelassen und dann durch kräftiges Zentrifugieren das Koagulum von der Flüssigkeit abgetrennt.

Dass diese Koagulationszeit für den Zweck hinreichend ist, geht daraus hervor, dass, wenn man nach dieser Zeit das abgeschiedene Koagulum schnell von der Flüssigkeit abtrennt und diese dann einige Stunden stehen lässt, man nur eine sehr unbedeutende »Nachkoagulation« bekommt, vorausgesetzt dass das Sol ziemlich konzentriert war ($> 1\%$). Für sehr verdünnte Sole, z. B. 0,01-prozentige, verläuft die Sache anders, denn hier bedarf es zur schnellen Koagulation einer ziemlich grossen Überschreitung des Schwellenwerts, der um so grösser sein muss, je mehr das Sol verdünnt ist.¹

¹ Vgl. Tab. 46, Fig. 11.

Um nicht etwa durch verschiedenartigen Zusatz¹ von Koagulator verschiedene Ergebnisse zu erhalten, wurde die Salzlösung stets in kräftigem Strahl in das Sol niedergespritzt und sodann die Flüssigkeit gut durchgemischt.

II. *Einfluss der Temperatur.* Durch Temperatursteigerung wird ein sich abscheidendes Koagulum wieder gelöst. Dies von DEBUS und RAFFO beobachtete Verhalten ist später von SVEDBERG [60] ausführlicher untersucht worden. Um mich von diesem Einfluss frei zu machen, wurde die zu koagulierende Flüssigkeit auf eine solche Temperatur gebracht, dass beim Zusatz von Koagulator stets dieselbe Temperatur erhalten blieb. Da die Temperatur des Arbeitszimmers meistens zwischen 17°—18° schwankte, wurde die Koagulationstemperatur 17,75° gewählt.

Bei jeder Koagulation wurde die Temperatur gemessen. Die Schwankungen betrugen $\pm 0,10^\circ$.

III. *Einfluss der Konzentration des Schwefels.* Mit wachsender Konzentration der dispersen Phase vermindert sich der Schwellenwert² des Koagulators ein wenig, wenn man die Koagulation in gleichem Zeitraum durchführen will. Dies macht sich jedoch erst bei extrem kleinen, < 1 %-igen, oder sehr grossen, z. B. > 30 %-igen Schwefelkonzentrationen deutlich bemerkbar und kann bei mittleren Konzentrationen vernachlässigt werden. Die Koagulationen wurden im allgemeinen bei einer Schwefelkonzentration zwischen 5 % und 11 % vorgenommen.

IV. *Einfluss von Verunreinigungen.* Wenn sich andere Ionen als die des Koagulators in der Lösung vorfinden, werden natürlich die Schwellenwerte ganz verschoben. Ja, die Gegenwart gewisser Ionen (z. B. Ba⁺⁺, Ca⁺⁺) kann irreversible Dispersitätsverminderungen hervorrufen, wodurch beträchtliche Störungen stattfinden können. Die Schwefelhydrosole sind aber in dieser Hinsicht weit weniger empfindlich als die ebenfalls von mir untersuchten Silberhydrosole [77]. Da die Darstellung der Sole ja in sauren Flüssigkeiten stattfindet, pflegen die Sole meistens schwach sauer zu reagieren. Es wurde gefunden, dass

¹ Vgl. Freundlich, Zeitschr. f. physik. Chemie **44**, 143 ff. (1903).

² Dabei ist es die sog. »freie« NaCl-Konzentration, wovon hier die Rede ist. Der absolute Betrag an Koagulator, welcher zur Koagulation erforderlich ist, wächst stets mit dem Gehalt an Schwefel. Vgl. insbesondere Kap. V, Abschnitt 2 u. 3 sowie unten S. 60.

geringe Säuremengen stabilisierend wirken, bzw. die Schwellenkonzentration steigern.¹ Man muss sich deshalb durch wiederholtes Koagulieren von diesen Säuremengen befreien, ehe man zum Fraktionieren übergeht.

Gehen wir jetzt zur Beschreibung des Fraktionierungsverfahrens über.

Als typisches Beispiel wähle ich eine Versuchsserie, deren Ausgangsmaterial teils aus einigen nach RAFFO dargestellten Solen, teils aus durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in schwefelige Säure bereiteten, ziemlich grobdispersen Solen zusammengesetzt war und somit aus einem Gemisch von mehreren Solen bestand.

Diese in Fraktionen zu zerlegende Ausgangslösung zeigte im Ultramikroskop eine Menge Teilchen verschiedener Lichtstärke nebst einem ziemlich starken amikroskopischen Lichtkegel. Da die Flüssigkeit etwas sauer reagierte, wurde das ganze Sol mit Chlornatrium vollständig koaguliert, das Koagulum in reinem Wasser gelöst, wieder gefällt usw. Dieses Verfahren wurde so lange wiederholt, bis weder die über dem Koagulum stehende Salzlösung, noch das in Wasser wiedergelöste Sol gegen Lackmus saure Reaktion zeigte.

Das letzte Koagulum wurde schliesslich in 500 ccm reinen Wassers gelöst und dann auf das Volumen 875 ccm verdünnt. Die Schwefelkonzentration betrug ungefähr 12 %, so dass die totale Schwefelmenge ca. 100 g ausmachte. Die stark milchig trübe Flüssigkeit wurde nun mit 125 ccm 2-norm. Chlornatriumlösung versetzt, mit dem Thermometer umgerührt und dann 15 Minuten in Ruhe gelassen. Die Temperatur betrug 17,80°. Dann wurde das Koagulum von der klargelben, überstehenden Lösung durch fünfminutenlanges Zentrifugieren getrennt, in Wasser gelöst und auf 875 ccm verdünnt. Nachdem sich dieselbe Temperatur wie vorher wieder eingestellt hatte, wurde nochmals mit 125 ccm 2-norm. Chlornatriumlösung versetzt u. s. f.

Dieses Verfahren wurde nun so lange wiederholt, bis die über dem Koagulum stehende Flüssigkeit nur Spuren von kolloidem Schwefel enthielt, wozu im allgemeinen fünf Koagulationen genügten. Die beim letzten Auflösen des Koagulums entstandene Flüssigkeit ist nun von den kleinsten, der Fraktion 1 angehörigen Teilchen fast vollständig

¹ Ausführlicheres hierüber im Kap. V, Abschn. 1 u. 4, vgl. [64].

befreit. Die nicht koagulierten Teilchen wurden dann durch Steigerung der Chlornatriumkonzentration vollständig koaguliert, das Koagulum in Wasser gelöst und diese Lösung dann als Fraktion 1 oder besser Fr. (—0,25) bezeichnet. Dies bedeutet, dass die dieser Fraktion angehörenden Teilchen nicht bei »freier« Chlornatriumkonzentration 0,25-normal gefällt werden, sondern zur Koagulation grössere Konzentration erfordern.

Der Begriff »freie« Chlornatriumkonzentration möge zunächst ein wenig näher erörtert werden.

Bei der Koagulation wird von der Gewichtseinheit Koagulum eine Salzmenge gebunden, welche für ein gleichkörniges Sol als konstant betrachtet werden kann. Diese gebundene Salzmenge beträgt für ein hochdisperses Sol ungefähr 0,10—0,06 g Chlornatrium per Gramm Schwefel, nimmt aber bei abnehmendem Dispersitätsgrad ab. Es wird angemessen sein, diese Chlornatriummenge schon im Solzustand als an die Teilchen gebunden und den übrigen Teil als frei zu betrachten. Eine der Schwefelkonzentration proportionale Salzmenge muss daher von der totalen Salzmenge des Sols abgezogen werden, um die freie Salzmenge zu erhalten. In Fällen, bei denen die Konzentration der dispersen Phase klein ist, fällt der Wert derselben mit der totalen Salzkonzentration fast zusammen.

Was die Bezeichnungen der Fraktionen betrifft, so ist als obere Fraktionsgrenze diejenige freie Chlornatriumkonzentration angegeben, bei der die Fraktion koaguliert wurde, als untere Fraktionsgrenze diejenige Konzentration, welche die Fraktion ohne Ausflockung ertragen kann.

Nachdem, wie oben geschildert, die kleinsten Teilchen als Fr. (—0,25) abgesondert waren, wurde die restierende Flüssigkeit mit Chlornatrium versetzt, so dass die freie Chlornatriumkonzentration 0,20-norm. war, und in soeben geschilderter Weise behandelt, um die zur Fraktion (0,25—0,20) gehörigen Teilchen wegzuschaffen.

Durch Wiederholung dieses Verfahrens mit verschiedenen Schwefelkonzentrationen wurden folgende sieben Fraktionen erhalten:

Fr. (—0,25), Fr. (0,25—0,20), Fr. (0,20—0,16), Fr. (0,16—0,13), Fr. (0,13—0,10),
Fr. (0,10—0,07), Fr. (0,07—).

Mit fortschreitender Abtrennung der Fraktionen vom Ausgangsgemisch wurde die Menge Dispersionsmittel vermindert, so dass die Koagulation stets bei 5 % bis 11 % S ausgeführt wurde.

Nachdem nun, wie eben geschildert, die Zerlegung in Fraktionen vorgenommen worden ist, muss man zur Reinigung der Einzelfraktionen schreiten, denn die Trennung verläuft nie vollständig, und die einzelnen Fraktionen enthalten immer Teilchen der benachbarten. Um die Reinigung z. B. der dritten Fraktion, Fr. (0,20—0,16), zu bewerkstelligen, koaguliert man zuerst bei 0,20-norm. freier Chlornatriumkonzentration und löst das entstehende Koagulum in Wasser, lässt dann die freie Chlornatriumkonzentration den Wert 0,16 erreichen und befreit die Hauptlösung vom Koagulum, steigert dann die Konzentration auf 0,20, löst das Koagulum in Wasser und fährt damit einige Male fort. Es erweist sich dabei als leicht, grössere Teilchen von den höchst dispersen Solen zu entfernen. Grössere Schwierigkeit bereitet es, die grob dispersen Sole von Spuren wahrscheinlich adsorbierter Amikronen zu befreien; dazu bedarf es wiederholter Koagulationen.

Als Kriterium für die gleichkörnige Beschaffenheit eines Sols kann die Feststellung des exponentialen Verlaufs der Löslichkeitskurve in Salzlösung bei Temperatursteigerung dienen.¹ Dabei muss sich die Untersuchung über das ganze zur vollständigen Auflösung nötige Temperaturgebiet erstrecken. Kleine Mengen verunreinigender Teilchen verschiedener Grösse vermag man dadurch aber nicht zu entdecken.

Bei den Fraktionen mit sichtbaren Ultramikronen kann man die Gegenwart von Amikronen jedoch dadurch konstatieren, dass bei schnellem Zusatz eines Koagulators und augenblicklicher Auszählung eine Vermehrung der Teilchenzahl zu beobachten ist. Die Salzkonzentration muss dabei natürlich grösser sein als der Schwellenwert der Amikronen.

Dass die nach der geschilderten Fraktionierungsmethode ausgeführte Abtrennung wirklich nach der Grösse der Teilchen von staten geht, lässt sich aus den in folgender Tabelle 5 zusammengestellten Eigenschaften der Fraktionen ersehen.

¹ Vgl. [73] sowie Kap. V, Abschnitt 6 u. 8.

Tabelle 5.

Die Eigenschaften von Schwefelhydrosolen verschiedener Teilchengrösse.

Bezeichnung der Fraktion	Makroskopische Charakteristik	Ultramikroskopische Charakteristik
Fr. (—0,25)	In konzentrierter Lösung (25 % S) hellgelb und durchsichtig, in der Aufsicht schwach trübe; reflektiertes Licht grünlich.	1 %iges Sol zeigt einen schwachen amikroskopischen Lichtkegel, welcher bei der Konzentration 0,05 verschwindet. Keine Submikronen
Fr. (0,25—0,20)	Konzentrierte Lösungen etwas trüb, 1 %ig sind sie in der Durchsicht klar, gelb, in der Aufsicht schwach trübe.	1 %iges Sol zeigt einen ziemlich schwachen amikroskopischen Lichtkegel, welcher bei Konzentration 0,02 verschwindet. Keine Submikronen.
Fr. (0,20—0,16)	1 %ige Lösungen in der Durchsicht fast klar, gelb, in der Aufsicht trübe. Konzentriert (10 %ig) sind sie in der Durchsicht trübe mit rötlicher Färbung.	0,5 %iges Sol zeigt starken amikroskopischen Lichtkegel, welcher bei Konzentration 0.008 verschwindet.
Fr. (0,16—0,13)	1 %ige Lösungen gelb mit Stich in Rot, schwach trübe. In der Aufsicht milchig trüb. Konzentrierte Lösungen undurchsichtig, milchig weiss.	0,5 %iges Sol zeigt starken Lichtkegel von heller, bläulicher Farbe, welcher noch bei Konzentration 0,001 sichtbar ist. Der Lichtkegel besteht aus Teilchen an der Grenze ultramikroskopischer Sichtbarkeit. Teilchen auf ungefähr 25 $\mu\mu$ geschätzt (sehr unsicher)
Fr. (0,13—0,10)	1 %ige Lösungen milchig trüb. Verdünnte (0,3 %) in der Durchsicht rötlichgelb trübe, in der Aufsicht trübe.	Sichtbare kleine Teilchen von lebhafter Bewegung. Eine Teilchengrössenbestimmung ergab ca. 90 $\mu\mu$ als Teilchendiameter. Kein amikroskopischer Lichtkegel.

Tabelle 5. (Fortsetzung).

Bezeichnung der Fraktion	Makroskopische Charakteristik	Ultramikroskopische Charakteristik
Fr.(0,10—0,07)	Milchig trüb auch bei 0,2 ‰. Beim Verdünnen auf 0,05 ‰ rötlichbraune Farbe, schwach durchsichtig. Nur geringe Ten- denz zur Sedimentation be- merkbar.	Sichtbare Teilchen. Kein ami- kroskopischer Lichtkegel. Teil- chendurchmesser ca. 140 $\mu\mu$.
Fr.(0,07—)	Noch bei Konzentration 0,02 ‰ milchig trüb. Keine ausgespro- chene Farbe beim Verdünnen. Die Teilchen sedimentieren nach einigen Tagen.	Grosse Teilchen von weniger lebhaften Bewegungen. Teil- chendurchmesser ca. 210 $\mu\mu$.

Bemerkungen zur Tabelle.

Die makroskopische Charakteristik wurde in 1 cm dicker Schicht ausgeführt. Die Farben wurden in direktem Tageslicht beobachtet. Die ultramikroskopische Untersuchung wurde im Spaltultramikroskop ausgeführt. Als Beleuchtung diente Bogenlicht, als Okular Huygens Nr. 4, als Objektiv Zeiss D* (Wasserimmersion). Die Tiefe des Lichtkegels war 2 μ . Die Teilchengrößenbestimmungen wurden nach der gewöhnlichen *Zsigmondy-Siedentopf*'schen Methode ausgeführt. Das spezifische Gewicht des Schwefels wurde gleich 2 gesetzt und die Teilchen sphärisch gedacht. Für die Fraktion (0,16—0,13) konnte wegen der Kleinheit der Partikeln keine Bestimmung gemacht werden, und der Wert ist nur annähernd geschätzt*.

Da das Gleichgewicht:

Sol + Koagulator $\rightleftharpoons$ Koagulum + Dispersionsmittel

sich mit steigender Temperatur nach links verschiebt und somit die Schwellenwerte mit der Temperatur variabel sind (vgl. Kap. V, Abschn. 9), so kann man eine Fraktionierung auch dadurch bewerkstelligen, dass man anstatt Salzkoagulation eine Temperaturkoagulation verwendet und bei *konstantem* Salzgehalt die Temperatur bestimmt,

* Aus der ungenügenden Befreiung der Sole von Amikronen sind die früher [67] von mir gefundenen allzu hohen Werte zu erklären.

abnehmende Werte annehmen lässt. Die grössten Teilchen erreichen dabei zuerst diejenige Temperatur T_1 welche dem Schwellenwert des Koagulators entspricht, und ballen sich zum Koagulum zusammen, welches abgetrennt wird.

Bei weiterer Temperaturabnahme folgen die weniger grossen welche für eine andere Temperatur T_2 die Schwellenkonzentration des Koagulators erreichen, u. s. f.

Diese Methode bietet jedoch keine besonderen Vorteile gegenüber der vorigen und wurde im allgemeinen nicht verwendet.

Im folgenden bediene ich mich oftmals der hier für die Schwefelfractionen benutzten Bezeichnungen, um bei den Solen durch Angabe ihrer Fraktionierungsgrenzen ein relatives Mass ihres Dispersitätsgrades anzugeben.

Die Koagulationstemperatur ist, wie erwähnt, bei dieser Koagulationsserie $17,75^0$; im allgemeinen sind die Fraktionierungen bei etwas schwankender Zimmertemperatur, 17^0 — 19^0 , ausgeführt und die Bezeichnungen gelten für diese Temperatur, ohne dass dies jedesmal angegeben wird.

3.

Reinigung der Sole.

Sowohl die nach den allgemeinen Darstellungsmethoden hergestellten Sole als auch die durch fraktionierte Koagulation erhaltenen Fraktionen sind stets durch beträchtliche Mengen von Elektrolyten verunreinigt. Es ist für viele Untersuchungen, wo es nicht auf die möglichste Reinheit ankommt, zweckmässig, die aus der Darstellung entstammenden Elektrolyte durch einen zu ersetzen.

Diese Methode, einige Elektrolyte durch einen bestimmten zu ersetzen, wurde zuerst von THE SVEDBERG [60] verwendet und wird einfach so ausgeführt, dass man mehrmals mit der Lösung des betreffenden Elektrolyts koaguliert, das Koagulum durch Zentrifugieren vom Dispersionsmittel abtrennt, in reinem Wasser löst, wieder koaguliert, u. s. f.

Schliesslich, nachdem die letzten Spuren des zu entfernenden Elektrolyts verschwunden sind, verfährt man am besten so, dass das Koagulum in minimalster Wassermenge von 50° gelöst und das Sol dann in einer Kältemischung auf -10° abgekühlt wird, wobei sich aufs neue Koagulum abscheidet, welches durch wiederholtes Zentrifugieren unter abwechselnder Bearbeitung mit einem Glasstabe und Abkühlung in möglichst weitgehendem Masse vom Dispersionsmittel getrennt wird, um schliesslich in Wasser gelöst zu werden. Nach diesen Vorschriften gelingt es leicht, Sole mit 50 % Schwefel oder mehr darzustellen, deren Chlornatriumgehalt ca. 5 % beträgt.

In den folgenden Untersuchungen wurden hauptsächlich Sole mit Chlornatrium oder Chlorwasserstoffsäure als Elektrolyten dargestellt. Dass besonders das Wegschaffen kleiner Säuremengen für viele Untersuchungen, bei denen die Einwirkung der Salze untersucht werden soll, von Wichtigkeit ist, wurde schon im vorigen Abschnitt angeführt.

Die vollständige Befreiung der Sole von den Elektrolyten ist mit ziemlich grossen Schwierigkeiten verbunden, und es schien zuerst, als ob sich solche Sole gar nicht darstellen liessen.

Von früheren Forschern gibt J. VALETON [53] an, dass sich die aus der Wackenroder'schen Flüssigkeit dargestellten Sole durch Dialyse reinigen lassen, ohne Näheres über Verfahren oder Resultate mitzuteilen.

Dagegen wurde von M. RAFFO [58] angegeben, dass durch die Entfernung der sogenannten »Solbildner« (nach RAFFO H_2SO_4 und Na_2SO_4), durch Dialyse, der Schwefelgehalt der Sole abnahm, um schliesslich bei vollständiger Entfernung der Solbildner auf Null zu sinken. Als optimale Konzentrationen wurden 6,4310—7,0070 Proz. Schwefelsäure und 3,7580—3,9260 Proz. Natriumsulfat angegeben. RAFFO stützte seine Beobachtungen auf Dialyserversuche mit Fischblasen.

Dass die Gegenwart sowohl von Salz wie von Säure als Solbildner nicht nötig ist, geht daraus hervor, dass bei den nach dem oben angeführten Verfahren dargestellten Solen entweder alles Salz oder alle Säure leicht zu entfernen ist, und dass solche Sole auch in grösseren Konzentrationen beständig sind.

Die Dialyseversuche unter Verwendung von Membranen scheinen, wie aus RAFFOS Versuchen zu entnehmen ist, zur Reinigung weniger geeignet, da vermutlich an der permeablen Wand eine Veränderung der dispersen Phase von γ -Schwefel zu α -Schwefel eintritt, welche wahrscheinlich auf eine alkalische Schicht in der Dialysierwand zurückzuführen ist¹.

Diese Schwierigkeiten lassen sich beseitigen, wenn man von einer Kombination der Kathaphorese und Dialyse Gebrauch macht. Nach vielen mehr oder weniger befriedigenden Versuchen gelang es mir schliesslich auf folgende Weise, eine gute Reinigung der Sole durchzuführen.

Die benutzte Apparatanordnung ist in Fig. 1 skizziert.

Das dreimal umgebogene Glasrohr von einer inneren Weite von 1,7 cm ist bei A mit einem schmalen Glasrohr versehen, welches durch den Hahn B verschlossen werden kann. Bei C ist ein 0,3 cm weites Glasrohr angeschmolzen, und in dem einen Ende des Hauptrohres bei D ist ein drittes mit dem Hauptrohr konzentrisches Glasrohr DE eingeschliffen, so dass der Zwischenraum zwischen den Röhren nur einige Millimeter

¹ Vgl. in dieser Hinsicht die sehr instruktiven Ausführungen von F. G. DONNAN über die hydrolytische Zersetzung von Salzen durch die Wirkung einer Membran. Zeitschr. f. Elektrochemie **17**, 572—581 (1911), sowie Kap. IV, Abschnitt 6.

ausmacht. Das eingeschliffene Rohr DE ist bei E senkrecht zur Röhrenachse abgeschnitten und dort mit einem kleinen Falz versehen. Hier wird eine dünne Kollodiummembran angebracht, welche mit Kollodium befestigt wird, so dass der Raum DE von dem übrigen Teile des Apparats durch diese Membran getrennt wird. Damit der Reinigungsversuch gelingt, ist es wichtig, dass diese Membran fehlerfrei und nicht allzu lange Zeit vor den Versuchen hergestellt ist.

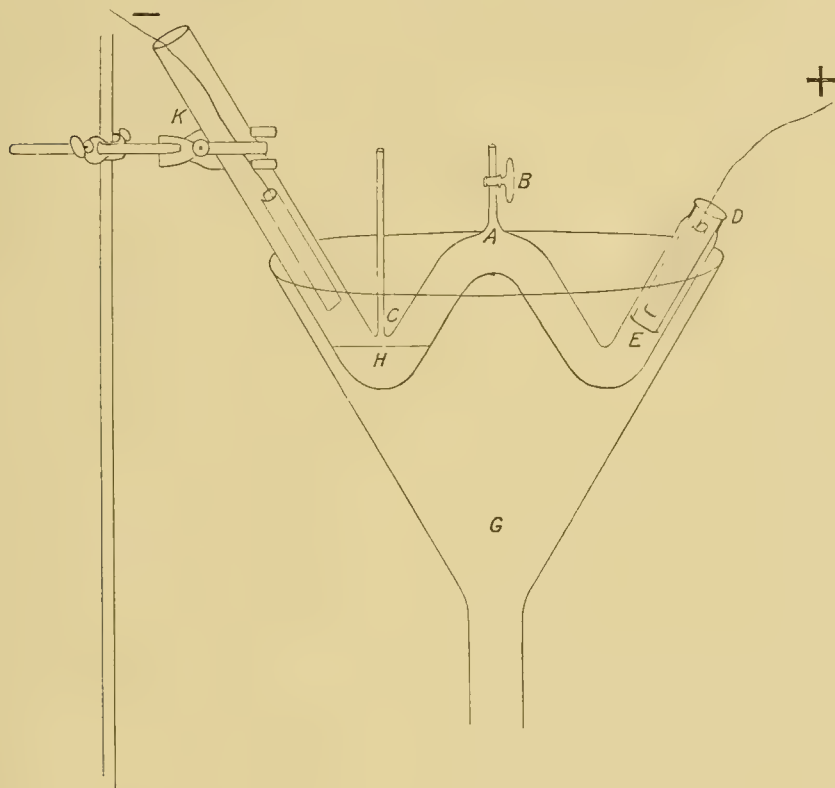


Fig. 1.

Die Ausführung der Reinigung geschah nun folgendermassen: Durch wiederholtes Koagulieren mit Chlorwasserstoffsäure in vorher beschriebener Weise wurde zuerst ein von Natriumchlorid befreites Sol dargestellt.

Dieses wurde mit Kältemischung so weit abgekühlt, dass ein Koagulum infolge der Abkühlung entstand, worauf dieses möglichst von Flüssigkeit befreit und in wenig Wasser gelöst wurde. Sowohl das

Glasrohr als auch der Raum DE wurden nun mit reinem Wasser gefüllt und durch Neigen des Rohres für die Entfernung aller Luftblasen gesorgt; sodann wurde das Rohr in ein trichterförmiges, mit Wasser gefülltes Gefäss G niedergesenkt und in horizontaler Lage durch den Klemmer K befestigt. Vermittelst einer Pipette mit kapillarer Mündung wurden dann 10 cem des chlorwasserstoffhaltigen Sols in dem Knie bei H unter das Wasser geschichtet. Zur bequemen Ausführung dieser Schichtung war die Länge der Pipette so abgepasst, dass, wenn die Pipette durch das Glasrohr eingeführt wurde und auf der Öffnung des Rohres ruhte, das Kapillarrohr bis auf den Boden des Knies reichte. Nach beendigter Schichtung wurde die Pipette vorsichtig herausgenommen und in beide Enden des Rohres Platinelektroden eingeführt, die Anode in den Raum DE, die Kathode in das andere Ende, und eine Spannung von 220 Volt angelegt. Durch Kathaphorese wurden nun die negativen Schwefelteilchen gegen den Anodenraum getrieben, das Diaphragma verhinderte aber deren Durchgang bis zur Elektrode, und die Teilchen sammelten sich im Knie bei E an. Gleichzeitig wurden durch Elektrolyse die Cl'-Ionen ohne Hinderung durch das Diaphragma nach dem Anodenraum DE hingeführt, und die Flüssigkeit reicherte sich dort mit Chlor an. Die chlor- und chlorwasserstoffhaltige Anodenflüssigkeit wird von Zeit zu Zeit durch reines Wasser ersetzt.

Durch Öffnen des Hähnchens B und vorsichtiges Einblasen von Luft kann man nach beendigter Entfernung der Elektrolyte das sich bei E ansammelnde Sol von der übrigen Flüssigkeit trennen. Die so gewonnenen gereinigten Sole sind von grösserer Beständigkeit als die elektrolythaltigen und lassen sich sogar im Probiergläschen direkt an der Flamme kochen, ohne zerstört zu werden.

Es mag jedoch bemerkt werden, dass durch diesen Reinigungsvorgang das Sol teilweise zerstört wird, und dass sich während des Stromdurchgangs Schwefelkriställchen auf der Membran ausscheiden, dass dieser Vorgang jedoch wahrscheinlich sekundärer Natur ist. Vgl. Kap. V, Abschn. 6.

Ob sich eine absolute Reinheit von jeder Elektrolytspur erreichen lässt, kann nicht mit völliger Sicherheit behauptet werden, da eine Oxydation des Schwefels durch den Luftsauerstoff, infolgedessen sich Schwefeldioxyd und möglicherweise Schwefelsäure in geringen Mengen bilden, wahrscheinlich leicht von statten geht, wodurch Elek-

trolyte gebildet werden. Der Chlorgehalt des gereinigten Sols lässt sich jedoch bis auf die Grenze analytischer Nachweisbarkeit vermindern.

In Anbetracht der in den letzten Jahren von R. ZSIGMONDY betriebenen Untersuchungen¹, wonach es zu gelingen scheint, Kieselsäure-Hydrosole von Elektrolyten fast völlig zu befreien, ist es jedoch wahrscheinlich, dass auch bei den Schwefelsolen für den Kolloidzustand kein Elektrolytgehalt notwendig ist, besonders da durch Entfernung derselben keine Verminderung der Stabilität auftritt.

¹ R. ZSIGMONDY: Über Dialyse der kolloiden Kieselsäure, Bemmelen Gedenkboek (Helder 1910), S. 7. Über die Reinigung von Kolloiden durch Dialyse, Zeitschr. f. anorg. Chem. 68, 169—187 (1910). Koll.-Zeitschr. 8, 123—126 (1911)

ANHANG.

Die angewandten Analysenmethoden.

In vorliegender Arbeit sind wiederholt Analysen der Sole vorgenommen worden, wobei es sich darum handelte, sowohl den Schwefelgehalt des Sols als auch die vorhandenen Salze zu bestimmen.

Um Wiederholung an verschiedenen Stellen zu vermeiden, sei hier einiges über die verwendeten Analysenmethoden angegeben.

Zur Abmessung von Volumina der Sole wurden stets gut gereinigte Normalpipetten verwendet, welche sowohl oben wie unten mit Marke versehen waren. Von den sehr kleinen Schwankungen, welche von der Temperaturänderung im Arbeitszimmer herrühren, wurde gänzlich abgesehen. Die in dieser Weise ermittelten Volumina dürften auf etwa 0,5 % richtig sein, der Fehler jedenfalls 1 % nicht übersteigen.

Von den Analysenmethoden wurden drei Methoden geprüft, wovon jedoch nur zwei Verwendung fanden.

Die einfachste Methode, welche in ein und derselben Probe sowohl die Bestimmung des Schwefels als die der Fremdstoffe gestattet, besteht einfach im Verdunsten des Wassers, direkter Wägung von Schwefel + Fremdschubstanz, Verbrennen des Schwefels und Analyse des Rückstandes.

Folgende Praxis hat sich dabei ausgebildet. Das mittels Pipette abgemessene Volumen des Sols wurde in einen Tiegel aus geschmolzenem Quarz gegossen und dann bis zum Verdunsten des Wassers auf dem Wasserbade erhitzt. Darauf erfolgte eine Erhitzung in einem auf 115°—120° erwärmten Trockenschranke bis zum Schmelzen des Schwefels, wonach man den Tiegel im Exsiccator erkalten liess und danach Wägung von Schwefel + Salzen vornahm. Die Masse wurde dann von neuem im Trockenschranke bis zum Schmelzen des Schwefels erhitzt und wiederum gewogen. Wenn das letzte Gewicht nur unbedeutend von den vorigen abwich, was in den meisten Fällen eintraf, wurde das erste Gewicht als richtig angesehen und notiert. Man kann nicht bis zum völligen Konstantwerden des Gewichtes im Trockenschranke erhitzen, denn der Schwefel besitzt schon bei 100° eine merkliche Dampf-

tension und verdunstet allmählich, was dadurch leicht bemerkbar wird, dass der Deckel des Tiegels nach längerem Erwärmen auf der Unterseite mit einem leichten Hauch von Schwefel bedeckt ist.

Falls nach erneutem Erhitzen des Schwefels bis zum Schmelzen das Gewicht bedeutend abgenommen hatte, so war das Wasser nicht völlig entfernt, und es bedurfte einer weiteren Erhitzung, um festzustellen, ob dies nach dem zweiten Erhitzen der Fall sei, wonach das so nach Entfernung des Wassers gefundene Gewicht als richtig angenommen wurde. Streng genommen müsste eine Korrektur für die während des Aufbewahrens im Trockenschranke stattfindende Verdampfung des Schwefels vorgenommen werden, da eine solche jedoch ziemlich unsicher ausfallen und kaum die Versuchsfehler beim Abpipettieren u. s. w. erreichen würde, habe ich keine solche Korrektur vorgenommen.

Nach Bestimmung des Totalgewichts von Schwefel und Salzen wurde der Tiegel sehr vorsichtig erwärmt und bis zur völligen Verbrennung des Schwefels erhitzt, worauf, zwecks Bestimmung der vorhandenen Salzmenge, der Rückstand analysiert wurde. In den meisten Fällen bestand das Salz anfänglich aus Chlorid. Da sich beim Verbrennen infolge Oxydation teilweise Schwefelsäure bildet, welche sich mit den vorhandenen Salzen in Sulfat umsetzt, muss der Rückstand durch Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure vollständig in Sulfat des betreffenden Metalls übergeführt werden, um aus dem Gewicht desselben das Gewicht des früher vorhandenen Chlorids berechnen zu können. Das gefundene Gewicht wird von dem Gewicht der vorher bestimmten Menge: Schwefel + Salz in Abzug gebracht, wobei die Differenz den Schwefelgehalt der Probe ergibt.

Die zweite Analysenmethode, welche benutzt wurde, bestand in Überführung des kolloiden Schwefels in Schwefelsäure durch Oxydation mit Brom. Die Ausführung geschah folgendermassen. Das Sol wurde zuerst mit Wasser in bestimmter Weise verdünnt, so dass der Schwefelgehalt sicher weniger als 1 % betrug, und wurde dann in ein Becherglas gebracht, auf dessen Boden schwefelsäurefreies Brom geschichtet war, wonach die Probe ein bis zwei Tage in Ruhe gelassen wurde. Unter diesen Umständen oxydiert das Brom den Schwefel meistens vollständig zu Schwefelsäure. Sollte dies nicht der Fall sein, sondern einige Klümpchen festen Schwefels auf dem Boden sich ansammeln, so kann man durch Zusatz einiger Tropfen reinen Schwefel-

kohlenstoffs den Schwefel darin auflösen und dadurch die Oxydation befördern¹.

Zwecks Entfernung des Broms wird die Probe dann auf dem Wasserbade erhitzt, bis die Flüssigkeit völlig klar und farblos aussieht, und darauf die Schwefelsäure in gewöhnlicher Weise als Baryumsulfat bestimmt, woraus sich der Schwefelgehalt berechnen lässt.

In folgender Tab. 6 sind einige zum Vergleich der zwei Analysenmethoden ausgeführte Analysen der Sole zusammengestellt, woraus die gute Übereinstimmung derselben hervorgeht.

Tab. 6.

Sol	Schwefelgehalt des Sols in g pro 100 cem	
	Nach der direkten Methode bestimmt	Nach der Sulfatmethode bestimmt
I	1,535	1,488
	1,463	1,443
	1,531	
	M: 1,51	M: 1,47
	M: 1,49	
II	0,506	0,507
	0,512	
	M: 0,509	M: 0,507
	M: 0,508	
III	0,119	0,115
	M: 0,117	

Da die direkte Methode sowohl Schwefel- als Salzgehalt in einer Probe zu bestimmen gestattete, so wurde der Einfachheit halber diese im allgemeinen bevorzugt.

Die dritte der geprüften Methoden schliesslich bestand in dem Kochen des Sols mit Kalilauge und nachheriger Oxydation des entstandenen Alkalisulfids mit Wasserstoffsperoxyd. Wahrscheinlich infolge partieller Bildung von Schwefelwasserstoff, der beim Kochen entwich, ergab diese Methode meistens kleinere Werte als die vorigen und wurde daher nicht zu Analysezwecken benutzt.

¹ Der Schwefel wird durch die Brombehandlung in α -Schwefel übergeführt. Durch Kontrollversuche ohne Schwefelsol konnte festgestellt werden, dass der Schwefelkohlenstoff nicht durch Brom oxydiert wurde und keine Schwefelsäure ergab.

KAPITEL IV.

EIGENSCHAFTEN DER SCHWEFELHYDROSOLE.

Das Studium der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Kolloide, sowie besonders der Veränderung dieser Eigenschaften durch Menge und Grösse der kolloiden Teilchen wird im allgemeinen durch zwei Faktoren erschwert. Erstens gelingt es nur selten, Sole von etwas beträchtlicherer Konzentration der dispersen Phase herzustellen, so dass die betreffende Eigenschaft gegen die des Dispersionsmittels nur sehr wenig verschieden wird, zweitens zeigen Sole verschiedenen Alters sowie verschiedener Herstellungen oft verschiedene Eigenschaften, oder die einmal hergestellten Sole zeigen sich sehr empfindlich gegen Einflüsse verschiedener Art, wodurch die Resultate verschiedener Beobachtungsserien ungleich werden.

Da die Hydrosole des Schwefels diesem Übelstand nur in geringem Masse unterliegen, habe ich eine ziemlich ausführliche Untersuchung der Eigenschaften derselben vorgenommen, welche in diesem Kapitel zusammengefasst werden soll.

Die Konzentration der Sole lässt sich, wenn man für gute Reinigung sorgt, sehr leicht bis auf 50—60 Gramm Schwefel pro 100 ccm Sol steigern, und wenn es darauf ankommt, lassen sich auch Sole von noch grösserer Konzentration darstellen. Die Haltbarkeit ist auch besonders gut und die zeitlichen Veränderungen, wie später dargelegt werden soll, besonders einfach und für die hier betrachteten Fälle kaum von Bedeutung.

Als Gegenstand für Untersuchungen über die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Kolloide in ihrer Abhängigkeit von Konzentration und Dispersitätsgrad sind die Schwefelhydrosole somit besonders geeignet.

1.

Allgemeines.

Die Hydrosole mit amikroskopischen Teilchen stellen im verdünnten Zustande klare, gelbe Flüssigkeiten dar, welche bei wachsendem Schwefelgehalt von öligem bis honigartiger Konsistenz sind. Wenn sie genügend von Elektrolyten befreit sind, können sie einfach auf dem Wasserbade konzentriert, ja sogar im Probierröhrchen direkt über der Flamme gekocht werden, ohne einer Zerstörung anheimzufallen. Beim Abkühlen bis zum Gefrieren des Dispersionsmittels bilden diese Sole harte, feste, eisähnliche Massen von gelblicher Farbe, welche einen ziemlich scharfen Schmelzpunkt besitzen. Sind dagegen Elektrolyte¹ in kleineren Mengen vorhanden, so lassen sich die Sole nur unter Anwendung von Vakuum kochen und bilden beim Gefrieren schneeähnliche weisse Massen, welche auch jetzt ziemlich scharf schmelzen. Beim Vorhandensein grösserer Elektrolytmengen schliesslich werden die Sole beim Erhitzen zerstört, beim Abkühlen tritt in den weniger konzentrierten Solen (bis auf ca. 25 %) eine Koagulation im Zusammenhang mit einer Entstehung von Flocken und Entmischung der Flüssigkeit in zwei Schichten auf, bei den konzentrierteren gelatinisiert die ganze Masse, welche jedoch durch Zerreiben mit dem Glasstabe und Schütteln in den meisten Fällen sich in einen halbfesten flockigen Bodensatz und ein flüssiges Sol entmischen lässt. Dieser Bodensatz hat eine salbenartige, butterähnliche Konsistenz, unter gewissen Bedingungen (vgl. Kap. V, Abschn. 2) und bei erhöhter Temperatur fast flüssiges Aussehen und wird beim Abkühlen immer zäher und härter, etwa wie Wachs, zeigt aber keinen bestimmten Schmelzpunkt. Falls die vorhandenen Elektrolyte zu den intensiver wirkenden gehören (z. B. KCl), besitzt der koagulierte Bodensatz eine festere Konsistenz und eine weisse Farbe, etwa wie frischer Käse. Die Sole mit grösseren Teilchen zeigen ein mehr milchiges Aussehen als die amikroskopischen, gelatinisieren leichter und sind gegen Erhitzung weniger beständig, verhalten sich aber hauptsächlich wie die anderen.

¹ Eine exakte Beschreibung der Elektrolyteinwirkung und des Gleichgewichts bei verschiedenen Temperaturen erfolgt im Kapitel V. Die Beschreibung des äusserlichen Charakters dieser Phänomene scheint hier jedoch am zweckmässigsten.

Sämtliche Zustandsänderungen beim Abkühlen sind reversibel, so dass beim Auftauen die früheren Sole wiedergewonnen werden.

Die beim Kochen unter Vorhandensein von Elektrolyten auftretenden Zerstörungen sind jedoch nicht reversibel. Diese Zerstörungen treffen in den meisten Fällen anfangs nicht die ganze vorhandene kolloide Schwefelmenge, sondern es scheiden sich trübe Bildungen weichen Schwefels aus, oder es treten kleine tropfflüssige Schwefelteilchen in dem Sol auf. Diese lassen sich durch Zentrifugieren leicht entfernen, wodurch wieder ein reines Sol erhalten wird; oft wird jedoch durch dieses Kochen der Dispersitätsgrad der Sole vermindert.

Eine Ausnahme von den eben geschilderten Verhältnissen machen die nach der Methode 3 durch Eingiessen von alkoholischen Schwefellösungen in Wasser dargestellten Sole. Diese lassen sich nicht konzentrieren und sind daher nicht in grösseren Konzentrationen zu erhalten. Ausserdem sind die durch Koagulation hervorgerufenen Zustandsänderungen nicht reversibel, und diese Sole verhalten sich auch in anderer Hinsicht verschieden.

Bekanntlich wurden bei der Systematik der Kolloide zwei Klassen, die hydrophilen und die hydrophoben¹, unterschieden, welche später von Wo. OSTWALD² als Emulsoide und Suspensoide bezeichnet wurden, wobei für die erstere die flüssige, für die letztere die feste Natur der dispersen Phase als charakteristisch angesehen wurde. Da wir jedoch bis jetzt kein Mittel besitzen, um die flüssige oder feste Natur von solchen kleinen Teilchen, wie sie in den kolloiden Lösungen vorliegen, festzustellen, hat man sich mit allgemeinen Eigenschaften der Sole begnügen müssen, um sie in eine dieser Klassen einzuordnen.

Fragt man nach der Stellung der Schwefelhydrosol in dieser Hinsicht, so zeigen dieselben eine Mittelstellung je nach der Eigenschaft, auf die das Hauptgewicht gelegt wird. Am engsten schliessen sie sich vielleicht an die Emulsoiden an; so bezüglich der Reversibilität bei der Salzfällung, der Möglichkeit, sehr konzentrierte Sole darzustellen, der Beständigkeit gegen Gefrieren, der ziemlich hohen inneren Reibung. Schliesslich scheint die Annahme einer flüssigen Natur

¹ J. PERRIN: Journ. de chimie phys. **3**, 50 (1905).

² Zur Systematik der Kolloide. Koll.-Zeitschr. **1**, 291—300, 331—341 (1907).
Vgl. jedoch die in letzter Zeit etwas modifizierte Auffassung Wo. Ostwalds. Koll.-Zeitschr. **11**, Heft. 5 (1912).

Ann. während d. Korrektur.

der dispersen Phase durch das Verhalten der Sole beim Erhitzen wahrscheinlich zu sein. Wird nämlich das Sol im zugeschmolzenen Rohr auf 150^0 erhitzt, somit weit über den Schmelzpunkt des Schwefels hinaus, so tritt bei keiner Temperatur eine scharfe Veränderung des Sols hervor, sondern die Farbe geht nur sehr allmählich in eine dunklere Nuance über, was damit zusammenhängt, dass der flüssige Schwefel beim Erwärmen dunkler zu werden anfängt. Würde die disperse Phase aus festen Schwefelteilchen bestehen, so sollte man vermuten, dass bei einer bestimmten Temperatur die Schmelzung eintreffe, was sich durch eine Veränderung des Sols kundgeben würde. Dass sich Schwefel auch in grösseren Massen leicht bei gewöhnlicher Temperatur im flüssigen unterkühlten Zustande erhalten lässt, geht aus J. FRITZSCHE'S¹ Versuchen, sowie auch aus den Untersuchungen von M. TOEPLER² deutlich hervor.

Wenn somit die flüssige Natur der dispersen Phase wahrscheinlich ist, so zeigen die Schwefelhydrosole doch viele Eigenschaften, welche für Suspensoide als charakteristisch angesehen werden.

So deutet die völlige Unabhängigkeit der Oberflächenspannung von den dispersen Schwefelteilchen, die leichte Koagulierbarkeit gegen Spuren gewisser Salze, so z. B. von BaCl_2 , schon bei 0,002-Normalität, die relativ kleine Temperaturvariation der inneren Reibung, falls keine Salze zugegen sind, u. a. auf eine suspensoide Natur hin.

Da somit diese Schwefelhydrosole, je nachdem man auf die eine oder die andere Eigenschaft, welche für die emulsoide oder suspensoide Natur als charakteristisch angesehen wird, mehr Gewicht legt, der einen oder andern Klasse zugezählt werden können, so scheint dies darauf hinzudeuten, dass das strenge Auseinanderhalten der emulsoiden oder suspensoiden Eigenschaften in manchen Fällen ziemlich unzweckmässig und schwer aufrechtzuerhalten ist. Es würde zu weit führen, in der vorliegenden Arbeit auf diese Frage näher einzugehen. Dass vom theoretischen Standpunkte aus eine Trennung in Systeme mit flüssigen und in Systeme mit festen Teilchen sich durchführen liesse, scheint ja möglich, aber mit Abnahme der Teilchen nach molekularen Dimensionen hin verschwindet ja der Gegensatz zwischen fest und flüssig mehr

¹ Über die Schwefelblumen. Pogg. Ann. d. Physik **42**, 453—458 (1837).

² Aenderung des spezifischen Volumens des Schwefels mit der Temperatur. 1. Flüssiger, in der Kälte syrupartiger Schwefel. Wied. Ann. d. Physik **47**, 169—174 (1892).

und mehr. Der Mangel an Mitteln, um zu entscheiden, ob sehr kleine Teilchen flüssiger oder fester Natur sind, macht jedoch diese Einteilung schwer durchführbar.¹

Ganz abgesehen von der theoretischen Begründung, kann man ja die Zweckmässigkeit eines Klassifikationsprinzips danach beurteilen, wie sich das vorhandene experimentelle Material in das Schema hineinpassen lässt. In dem Masse, wie sich Systeme, wie hier die Schwefelsole, je nach der untersuchten Eigenschaft der einen oder anderen Klasse zuordnen lassen, scheinen die praktischen Vorteile dieser Einteilung kaum länger von Nutzen zu sein und die alte Einteilung in hydrophile und nicht hydrophile Kolloide (PERRIN,² HÖBER³ u. a.), welche keine Annahme über die Formart der Teilchen machte, weitaus zweckmässiger. Wir können in diesem Falle bei solchen Systemen, welche eine Zwischenstellung einnehmen, von einem verschiedenen Grad der Lyophilie sprechen, während wir, wenn wir die oft unbekannte Formart als Charakteristikum betrachten wollten, von dem verschiedenen Grade des Flüssigseins der dispersen Phase zu sprechen gezwungen wären, was vom begriffsmässigen Standpunkt aus ziemlich unzweckmässig ist.⁴

Die nach der Methode 3 dargestellten Sole zeigen sich auch hier verschieden und weisen nur für typische Suspensoide charakteristische Eigenschaften auf.

Fragt man nach der Ursache dieses Verhaltens der Schwefelhydrosole je nach ihrer Darstellungsmethode, so lautet die Antwort

¹ Dieses wurde im Frühjahr 1912 niedergeschrieben. Inzwischen hat Prof. R. ZSIGMONDY in seinem vorzüglichem Werke »Kolloidchemie« (Leipzig 1912), S. 24 ff. eine ähnliche Auffassung der Wo. Ostwald'schen Systematik gegenüber geltend gemacht, auf die ich hiermit die Aufmerksamkeit lenken möchte. Da meine obigen Arbeiten unabhängig von dieser Beurteilung ZSIGMONDY's entstanden sind, habe ich die Publikation meiner Ausführungen in der ursprünglichen Form für berechtigt gehalten.

² A. a. O.

³ Die nicht hydrophilen Systeme bezeichnet HÖBER mit dem Namen Suspensionskolloide. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe (3. Aufl., Leipzig 1911), S. 324 ff.

⁴ Wenn eine von E. RAMANN, Koll.-Beihefte 2, 293, (1911), vorgeschlagene Einteilung in einschichtige und mehrschichtige Kolloide hier zu verwenden wäre, würden diese Schwefelhydrosole, wie auch RAMANN bemerkt, zu der ersten dieser Klassen gerechnet werden müssen. Diese Einteilung scheint zur Zeit auf eine grössere Menge kolloider Systeme hin noch nicht genügend geprüft zu sein, weshalb es zu früh ist, sich darüber zu äussern. Die dort gegebene Anregung einer Systematik scheint mir jedoch aller Beachtung wert.

Ann. während d. Korrektur.

dahin, dass es sich um verschiedene Modifikationen des Schwefels der dispersen Phase handelt. Bei den nach Methode 5 u. 6 und wahrscheinlich auch nach Methode 4 dargestellten Solen besteht die disperse Phase aus in Schwefelkohlenstoff unlöslichem Schwefel, γ -Schwefel, was damit in Einklang steht, dass diese Modifikation sich vorwiegend in saurer Flüssigkeit bildet, während die in Schwefelkohlenstoff lösliche Modifikation bei der Zersetzung von Schwefelverbindungen in alkalischer Lösung entsteht. Werden daher die Sole mit γ -Schwefel mit schwacher Lauge versetzt, ohne dass durch diesen Zusatz eine Koagulation entsteht, so wandelt sich die disperse Phase langsam in die in Schwefelkohlenstoff lösliche Modifikation des Schwefels, α -Schwefel, um. Das jetzt entstandene Sol ist aber in dieser Konzentration nicht beständig, sondern es findet eine irreversible Ausflockung statt. Das Koagulum ist in diesem Falle in Schwefelkohlenstoff löslich, während dies bei dem des ursprünglichen Solen nicht der Fall ist.

Wenn ein sehr verdünntes Sol mit Alkali versetzt wird, kann das neue veränderte Sol doch stabil bleiben.

Das nach der Methode 3 dargestellte Sol, sowie jene, welche aus den γ -Schwefelsolen¹ durch Alkalizusatz hergestellt wurden, enthielten als disperse Phase Schwefel, der in Schwefelkohlenstoff löslich ist. Diese Sole zeigen in jeder Hinsicht suspensoiden Charakter; da sie sich aber in grösserer Konzentration schwer darstellen lassen, sind sie von mir weniger studiert worden.

Im Folgenden sind daher, wenn nichts Anderes angegeben ist, unter Schwefelhydrosolen jene nach der Methode 4 u. 5 dargestellten verstanden.

Zu erwähnen ist hier ferner, dass sowohl durch kataphoretische Wanderungsversuche im U-förmigen Rohr als auch durch direkte Beobachtung im Ultramikroskop vermittelt der von THE SVEDBERG² konstruierten Apparate bestätigt werden konnte, dass die Teilchen der Schwefelhydrosolen zur Anode wandern und somit negativ geladen sind (vgl. S. 26).

¹ Es wäre vielleicht richtiger, die Bezeichnung γ -Schwefel nicht zu benutzen, da nach den Untersuchungen von A. SMITH u. Schülern dieser keine einheitliche Substanz ist. Nach der Smith'schen Nomenklatur wäre hier statt γ -Schwefel S_{μ} zu sagen.

² Nova Acta Reg. Soc. Scientiarum Ups. Ser. IV, Vol. 2, Nr 1 (1907), S. 149.

2.

Dichte.

Die Dichte der Schwefelhydrosole wurde durch Wägungen bestimmter Volumina im Pyknometer ausgeführt und beziehen sich alle auf 16°C. Das scheinbare, mit Messinggewichten gewogene Gewicht des Wassers, wenn der Pyknometer bei 16°C mit reinem luftfreiem Wasser gefüllt war, betrug 26,4120 g, und da bei 16° das Volumen eines scheinbaren Grammes Wassers 1,0021 ccm ist, erhält man das Volum V des Pyknometers zu 26,4675 ccm.

Die Füllung des Pyknometers wurde stets bei unter 16° liegender Temperatur ausgeführt und dann das Pyknometer in ein Wasserbad von 16° eingeführt und die herausfliessende Flüssigkeit entfernt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen geben die folgenden Tabellen 7 u. 8 Auskunft.

Die verwendeten Bezeichnungen sind:

A = Schwefel in Gramm, pro 100 ccm des untersuchten Sols.

B = Chlornatrium in » » » » » » » »

G = Scheinbares Gewicht von V ccm des Sols bei 16°C.

q = Gewichtskorrektion für den Luftauftrieb nach der Tabelle von KOHLRAUSCH.¹

E = G + q = Gewicht von V ccm des Sols bei 16°C.

d_{Sol} = Dichte des Sols bei 16° C = E/V.

d_{Disp} = Dichte des Dispersionsmittels nach den Bestimmungen von G. T. GERLACH², auf 16°C korrigiert.

$$K = \frac{d_{\text{Sol}} - d_{\text{Disp}}}{A}$$

Aus der graphischen Darstellung in Fig. 2, wo als Ordinate (d_{Sol}—d_{Disp}), als Abszisse die Konzentration des Sols abgetragen sind, geht hervor, dass die Dichte im grossen und ganzen proportional dem Schwefelgehalt wächst, und dass sich die Dichte des Sols durch eine Formel: d_{Sol} = d_{Disp} + K A, mit ziemlicher Genauigkeit ausdrücken lässt, in der A die Schwefelkonzentration des Sols und K eine Konstante bedeutet.

¹ Lehrbuch d. prakt. Physik, 10. Aufl. (Leipzig u. Berlin 1905), S. 613.

² Zeitschr. f. analytische Chem. 8, 281 (1869).

Berechnet man aber, wie es in der letzten Kolumne der Tabelle geschehen ist, den Wert von K , so ergibt sich mit Steigerung der Konzentration eine kontinuierliche Abnahme desselben, bei den amikroskopischen von $5,85 \cdot 10^{-3}$ bis $4,99 \cdot 10^{-3}$ für eine Konzentrationszunahme von ca. 10 Proz., bei den submikroskopischen dagegen von $5,30 \cdot 10^{-3}$ bis $4,72 \cdot 10^{-3}$ für



Fig. 2.

ungefähr dieselbe Konzentrationszunahme. Bei weiterer Steigerung der Schwefelkonzentration nimmt K fortgesetzt ab, jedoch weniger schnell als im Anfang. Die Folge davon ist, dass die Kurve einen gegen die Konzentrationsachse schwach konkaven Verlauf hat.

In Anbetracht dieser Veränderlichkeit von K scheint es ziemlich wertlos, aus der Dichte unter Annahme einer Additivität des spezifischen Volumens der Sole das spezifische Gewicht der dispergierten Schwefelteilchen zu berechnen, um daraus etwaige Schlüsse auf die Natur des Schwefels zu ziehen. Nimmt man als mittleren Wert für $K = 0,004836$, so erhält man für das spez. Gewicht des Schwefels den Wert 1,922, während der Koeffizient 0,0055 den Wert 2,02 ergibt. Sichere Werte für das spezifische Gewicht des flüssigen Schwefels liegen nicht vor, doch stehen diese Zahlen in kei-

nem Widerspruch zu der Annahme, dass flüssiger Schwefel hier vorliegt.¹

¹ So würde unter Benutzung des Wertes 1,8026 für das spez. Gew. des flüssigen Schwefels (Kopp) und unter Berücksichtigung des Ausdehnungskoeffizienten 0,00043 nach TOEPLER der unterkühlte Schwefel eine Dichte von 1,90 bei 16° haben, während der OSANN'sche Wert 1,927 eine Dichte 2,03 ergibt. Literaturangaben über die Bestimmungen des spez. Gewichts des Schwefels in GMELIN-KRAUT's: Handbuch d. anorg. Chem. (7. Aufl., Heidelberg 1907) I: 1, S. 370.

Dass K bei den submikroskopischen Solen etwas kleinere Werte als bei amikroskopischen besitzt, dürfte am richtigsten als auf Ungenauigkeiten der Analysen beruhend zu betrachten sein.

Tab. 7.
Dichte, d_{sol} , amikroskopischer Schwefelhydrosole verschiedener Konzentration, A.

A	45,00	33,75	25,31	18,98	14,23	10,67	6,40	3,20	1,07	0,53	0
B	3,3	2,5	1,88	1,41	1,05	0,79	0,47	0,24	0,08	0,04	0
G	32,7942	31,2227	30,0351	29,1496	28,4935	27,9883	27,3650	26,8995	26,5832	26,5033	26,4120
q	0,0269	0,0270	0,0273	0,0275	0,0277	0,0280	0,0279	0,0280	0,0279	0,0280	0,0280
E	32,8211	31,2497	30,0624	29,1771	28,5212	28,0163	27,3929	26,9275	26,6111	26,5313	26,4400
d_{sol}	1,2401	1,1807	1,1358	1,1024	1,0776	1,0585	1,0350	1,0174	1,0055	1,0024	0,99896
d_{disp}	1,0236	1,0180	1,0135	1,0100	1,0076	1,0052	1,0026	1,0008	0,9996	0,9993	—
$d_{\text{sol}} - d_{\text{disp}}$	0,2165	0,1627	0,1223	0,0924	0,0700	0,0533	0,0324	0,0166	0,0059	0,0031	—
K. 10^3	4,81	4,82	4,83	4,87	4,92	4,99	5,06	5,19	5,51	5,85	—

Tab. 8.
Dichte, d_{sol} , submikroskopischer Schwefelhydrosole verschiedener Konzentration, A.

A	10,65	8,00	3,00	1,00	0
B	0,10	0,08	0,03	0,01	0
G	27,7672	27,4481	26,8151	26,5523	26,4120
q	0,0280	0,0279	0,0278	0,0279	0,0280
E	27,7952	27,4760	26,8429	26,5802	26,4400
d_{sol}	1,0501	1,0381	1,0142	1,0143	0,99896
d_{disp}	0,9998	0,9996	0,9992	0,9992	0,9989
$d_{\text{sol}} - d_{\text{disp}}$	0,0503	0,0385	0,0150	0,0053	—
K. 10^3	4,72	4,81	5,00	5,30	—

Über die Ursache, weshalb bei grösserer Schwefelkonzentration die Dichtezunahme für eine gleiche Zunahme des Schwefelgehalts immer kleiner wird, ob es sich um eine Wechselwirkung mit dem Dispersionsmittel oder um eine gegenseitige Beeinflussung der Teilchen handelt, lässt sich nichts sagen.¹

3.

Thermischer Ausdehnungskoeffizient.

Über den thermischen Ausdehnungskoeffizient gut definierter Sole liegen meines Wissens keine Untersuchungen vor, und es war daher von ziemlich grossem Interesse, das Schwefelhydrosol in dieser Hinsicht zu untersuchen. Speziell schien eine Untersuchung, ob die Koagulation des Sols mit einer Volumveränderung verbunden ist oder nicht, eine gewisse Bedeutung zu besitzen.

Zur Untersuchung wurde ein amikroskopisches Sol von 16,8 g Gehalt an Schwefel, 1,52 g Chlornatrium pro 100 ccm Sol verwendet. Oberhalb 20° war dieses System durchsichtig und klar und zeigte keine Anzeichen zur Koagulation, während sich unterhalb dieser Temperatur das Koagulum auszuschcheiden begann. Die hauptsächlichste Koagulation erfolgte im Temperaturgebiet 20°—15°, aber noch bei 10° blieben geringe Schwefelmengen im Solzustand zurück.

Die Ausführung der Messungen wurde in einem Dilatometer von Birnentypus vorgenommen. Auf die näheren Einzelheiten der Ausführung, Kalibrierung des Gefässes, Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten des Glases etc., muss auf OSTWALD-LUTHER's Physiko-chemische Messungen² verwiesen werden; Korrekturen für den herausragenden Faden des Dilatometers sind jedoch nicht angebracht worden. In Tab. 9 sind die Resultate der Messungen zusammengestellt.

¹ Vgl. die ähnlichen Befunde bei Kaseinsolen und anderen Proteinen in einer kürzlich erschienenen Arbeit von H. CHICK u. C. J. MARTIN, Koll.-Zeitschr. **11**, 103. (1912).

Ann. während d. Korrektur.

² 3. Aufl. (Leipzig 1910), S. 202 f.

Tab. 9.

Thermische Ausdehnung eines amikroskopischen Schwefelhydrosols.

Temperatur in C°.	Höhe der Flüssigkeit in der Kapil- lare, in Ska- lenteilen gerechnet.	Flüssigkeits- volumen in der Kapillare.	Korrigiertes Volumen des Gefäßes bis zum Skalenteile 0 der Kapil- lare.	Wahres Volumen des Sols	Volumab- nahme Δ
25,00	10,01	0,1702	52,1215	52,2917	0,1790
24,90	9,99	0,1698	52,1213	52,2911	0,1784
24,00	9,22	0,1568	52,1204	52,2772	0,1645
22,00	7,62	0,1266	52,1180	52,2446	0,1319
20,00	6,17	0,1049	52,1156	52,2205	0,1078
19,00	5,50	0,0935	52,1144	52,2079	0,0952
18,00	4,81	0,0818	52,1132	52,1950	0,0823
16,95	4,14	0,0704	52,1119	52,1823	0,0696
16,00	3,57	0,0607	52,1106	52,1713	0,0586
15,00	3,01	0,0511	52,1095	52,1606	0,0479
14,00	2,41	0,0410	52,1083	52,1493	0,0376
13,00	1,90	0,0323	52,1071	52,1394	0,0267
12,00	1,40	0,0238	52,1059	52,1297	0,0170
11,00	0,99	0,0169	52,1046	52,1215	0,0088
10,00	0,54	0,0092	52,1035	52,1127	—

Alle Volumangaben bezeichnen ccm; das Volumen des Dilatometergefäßes wurde bei 10° auf 52,1035 ccm bestimmt. Ein Skalenteil der Kapillare entspricht einem Volumen von 0,0170 ccm.

Es wurde auch die Volumzunahme bei nachfolgender Erhitzung bestimmt, wobei das Flüssigkeitsniveau sich ohne Hysteresis auf dieselben Skalenteile der Kapillare einstellte; in Fällen, wo kleine, von Versuchsfehlern herrührende Verschiedenheiten bemerkbar waren, wurden in obiger Tabelle die Mittelwerte benutzt.

Der mittlere Ausdehnungskoeffizient für das Temperaturintervall 10°—25° lässt sich nach diesen Angaben zu

$$\gamma = \frac{0,1790}{15 \times 52,1127} = 0,000229 \text{ berechnen.}$$

In Fig. 3 ist die Volumzunahme der Flüssigkeit bei steigender Temperatur graphisch wiedergegeben und zum Vergleich die entsprechende Kurve reinen Wassers angeführt. Es zeigt sich, dass die Volumänderung

kontinuierlich verläuft, ohne von der zwischen 20° — 15° eintreffenden starken Koagulation beeinflusst zu werden. Die Kurve zeigt gegenüber der des Wassers einen flacheren Verlauf; eine allgemeine Erscheinung, wenn das Wasser mit fremden Stoffen irgend welcher Art versetzt ist.



Fig. 3.

Thermische Ausdehnung eines Schwefelhydrosols (8,4 Volumprozent Schwefel).

Da das Sol geringe Salzmengen enthält, scheint es angemessen, die Ausdehnung mit derjenigen einer Chlornatriumlösung zu vergleichen. Nach den Angaben von G. T. GERLACH u. a.¹ beträgt der Ausdehnungskoeffizient des Dispersionsmittels $0,00020$. Nimmt man an, dass der Ausdehnungskoeffizient sich additiv aus den Ausdehnungskoeffizienten der Komponenten, nach Volumprozenten genommen, berechnen lässt, und benutzt man den von M. TOEPLER² bestimmten Ausdehnungskoeffizienten $0,00043$ des Schwefels, so erhält man für das Sol den berechneten Wert des Ausdehnungskoeffizienten $0,00022$, der in guter Übereinstimmung mit dem gefundenen Werte $0,00023$ steht. Die ausgeführten Messungen sind weder

¹ A. a. O.

² Aus der Zusammenstellung in KOHLRAUSCH's Lehrb. d. prakt. Physik, 10. Aufl. (1905), S. 615 durch Interpolation bestimmt.

genau noch ausführlich genug, um zu entscheiden, ob ein solches additives Verhalten wirklich vorliegt; sie zeigen aber an, dass das Schwefelhydrosol keine abnormen Volumveränderungen aufweist und, was besonders wichtig erscheint, dass die reversible Koagulation keine Volumänderung mit sich bringt.

4.

Innere Reibung¹.

Zur Bestimmung der inneren Reibung der Schwefelhydrosole wurde die relative Methode und zwar nach der Ausführung, wie sie in OSTWALD-LUTHERS Physiko-chemischen Messungen angegeben ist, durch Vergleich der Ausflusszeit eines bestimmten Volumens der betreffenden Flüssigkeit durch ein Kapillarrohr mit der des Wassers benutzt.

Bezeichnet η die innere Reibung in absoluten Einheiten, τ die Ausflusszeit in Sekunden, d das spezifische Gewicht des Sols und η_{H_2O} τ_{H_2O} d_{H_2O} die entsprechenden Grössen bei Wasser, so gilt die Relation

$$\frac{\eta}{\eta_{H_2O}} = \frac{\tau}{\tau_{H_2O}} = \frac{d}{d_{H_2O}}$$

oder:

$$\eta = \frac{\eta_{H_2O}}{\tau_{H_2O}} \tau \frac{d}{d_{H_2O}}.$$

Da η_{H_2O} für die gegebene Temperatur konstant ist und τ_{H_2O} eine für die benutzten Apparate charakteristische Konstante ist, so erhält man:

$$\eta = K \cdot \tau \cdot \frac{d}{d_{H_2O}},$$

wo K eine empirisch zu bestimmende Apparatkonstante bedeutet. Diese Konstante K wurde in Temperaturintervallen 5°—40° durch Feststellung von τ für Wasser empirisch bestimmt, wonach $K = \frac{\eta_{H_2O} \cdot 1}{\tau_{H_2O} \cdot 1}$ berechnet wurde.

¹ Einige Messungen über die innere Reibung des kolloiden Schwefels waren mit der hier benutzten Apparatanordnung von Professor SVEDBERG angefangen, ohne je publiziert worden zu sein. Ich habe mit seiner Erlaubnis seine Apparate verwendet und die Untersuchungen fortgesetzt. Von seinem Beobachtungsmaterial habe ich jedoch in der folgenden Darstellung keinen Gebrauch gemacht.

Für diese Berechnung wurden die Werte von η_{H_2O} nach der von F. KOHLRAUSCH¹ gegebenen Zusammenstellung benutzt. Die verwendete Flüssigkeitsmenge war stets 8 ccm. Die Konstante zeigte für das fragliche Temperaturintervall nur kleine Schwankungen und wurde auf 5,51 bestimmt. Dieser Wert kann als auf $< 2\%$ richtig angesehen werden, ist ja aber von der absoluten Bestimmung von η_{H_2O} abhängig. Da diese für Wasser kaum völlig sicher festgestellt ist, habe ich in der Tab. 28 nach KOHLRAUSCH die zur Bestimmung von K benutzten Werte derselben angegeben.

Die Konstante zeigt eine kleine Abnahme bei höheren Temperaturen², da indessen diese Abnahme die Versuchsfehler der Messungen nicht übersteigt, habe ich stets von dem Wert $K = 5,51$ Gebrauch gemacht.

Das Verhältnis $\frac{d}{d_{H_2O}}$ wurde bei 16° bestimmt und sollte, streng genommen, für jede Temperatur korrigiert werden, da aber die Ausdehnung der Sole und die des Wassers nur unbedeutend von einander abweichen, habe ich von dieser Korrektur abgesehen³.

Bezüglich der Ausführung der Messungen, sowie anderer Einzelheiten, sei auf das erwähnte Handbuch von OSTWALD-LUTHER⁴, sowie auf KOHLRAUSCH's Lehrbuch der praktischen Physik⁵ verwiesen. Besonders bei den submikroskopischen Solen treten leicht Verengungen der Kapillare durch Häutchenbildungen, Schwefelbeläge etc. ein, wodurch falsche Werte erhalten werden. Der Apparat wurde daher zwischen den einzelnen Versuchsreihen sorgfältig gereinigt, was am besten durch Verwendung von warmem Alkohol zusammen mit Quecksilber, durch nachherige Durchspülung mit konz. Salpetersäure und dann mit reinem Wasser bewerkstelligt wird. Durch Bestimmen der Durchflusszeit für reines Wasser überzeugt man sich, ob sich der Apparat in gutem Stande befindet. Nur in dem Falle, wo sich die Durchflusszeit für Wasser vor und nach einer Beobachtungsserie als gleich erwies, wurde dieselbe als richtig betrachtet.

¹ Lehrbuch d. prakt. Physik, 10. Aufl. (Leipzig und Berlin 1905), S. 629.

² Dadurch bedingt, dass bei der Berechnung von K keine Rücksicht auf die Änderung von d_{H_2O} bei Temperaturzunahme genommen wurde.

³ Vgl. S. 84.

⁴ Physiko-chemische Messungen (3. Aufl., Leipzig 1910), S. 230—233.

⁵ 10. Aufl. (Leipzig und Berlin 1905), S. 244—246.

Die für die Sole geltenden Konzentrationsangaben wurden im allgemeinen durch zwei übereinstimmende Analysen geprüft und bei folgenden Versuchen durch Verdünnung der Sole auf gewünschte Konzentration hergestellt.

Ehe ich auf die Hauptuntersuchungen eingehe, mag der Einfluss von Chlornatrium, das in so kleinen Mengen zugegen ist, dass es keine Koagulation hervorruft, erwähnt werden. Die Untersuchung wurde so ausgeführt, dass ein Sol von bekanntem Schwefel- und Chlornatriumgehalt einerseits mit Wasser, andererseits mit Chlornatriumlösungen verdünnt wurde, so dass Sole mit gleichem Schwefelgehalt, 5 g pro 100 ccm, und variierendem Chlornatriumgehalt erzielt wurden. Die innere Reibung derselben wurde dann bei 25° gemessen. Die Resultate sind in Tab. 10 wiedergegeben.

Tab. 10.

NaCl-Gehalt in Gramm pro 100 ccm	η_{sol} beobachtet	η Dispersionsmittel	η_{sol} korrigierter Wert
1,00	$1002 \cdot 10^{-5}$	$904 \cdot 10^{-5}$	$994 \cdot 10^{-5}$
0,90	$998 \cdot 10^{-5}$	$902 \cdot 10^{-5}$	$991 \cdot 10^{-5}$
0,72	$997 \cdot 10^{-5}$	$900 \cdot 10^{-5}$	$991 \cdot 10^{-5}$

Die Versuche ergaben somit, dass durch Abnahme des Salzgehaltes eine sehr unbedeutende Verminderung der inneren Reibung eintritt. Durch Vergleich mit der Abnahme der inneren Reibung von wässrigen Chlornatriumlösungen, $\eta_{\text{Disp.}}$, ergibt sich, dass die Abnahme hier fast dieselbe ist, was darauf hindeutet, dass die Änderung der inneren Reibung durch Salzzusatz in Fällen, wo keine Koagulation stattfindet, nur auf das Dispersionsmittel einwirkt. Wenn die Versuchsergebnisse der Ungenauigkeit der Messungen wegen nicht gestatten, mit Sicherheit zu sagen, dass die Veränderung sich als *rein* additiv betrachten lässt, so zeigen sie doch an, dass eine Korrektur der gemessenen η -Werte auf einen Salzgehalt = 0 durch einfache Subtraktion der durch Salz hervorgerufenen Änderung der Viskosität des Dispersionsmittels zu keinerlei ausserhalb der Versuchsfehler liegenden Irrtümern führen kann. Eine solche Korrektur der Beobachtungsergebnisse auf

einen Salzgehalt gleich Null ist auch in den folgenden Tabellen vorgenommen worden, um die Resultate einzelner Messungsreihen mit einander streng vergleichbar zu machen.

Für diese Korrektion sind die von R. HOSKING¹ gemessenen Viskositätsveränderungen des Wassers durch Zusatz von Chlornatrium benutzt worden.

Setzt man dagegen grössere Salzmengen hinzu, so treten Koagulationserscheinungen auf, und die innere Reibung steigt beträchtlich. Es scheint sich hier vornehmlich um Beziehungen zwischen den kolloiden Teilchen oder Aggregaten derselben zu handeln, was später des Näheren erörtert werden soll, so dass die hier auftretende grosse Reibungserhöhung als sekundär zu betrachten ist, während die zugesetzten Salzmengen primär bei dem Dispersionsmittel nur eine geringe Reibungserhöhung hervorrufen. Auch in diesem Falle sind daher die Reibungswerte entsprechend korrigiert, um bei der Besprechung der Versuchsergebnisse die Werte mit einander leichter vergleichbar zu machen.

Die Resultate sind in den folgenden Tabellen 11 bis 28 zusammengestellt, deren nähere Besprechung sowie graphische Reproduktion im Anschluss daran folgen wird.

Bei der graphischen Behandlung sowie bei der Berechnung der Fluidität, $\frac{1}{\eta}$, liegt stets der korrigierte Wert der inneren Reibung, somit für Chlornatriumgehalt gleich 0, zu Grunde.

Sowohl η als $1/\eta$ sind in absolutem Masse angeführt.

Tab. 11.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt 58,28 g Schwefel, 3,06 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,2563$

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	522,5	0,03617	0,03582	27,92	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	615,5	0,04260	0,04222	23,68	» » » » »
25	652,0	0,04513	0,04477	22,34	» » » » »
20	7,688	0,05322	0,05283	18,93	Beginnende Trübung
18	931,4	0,06447	0,06405	15,61	Deutliche Koagulation.
16	1322,2	0,09152	0,09109	10,98	Die Flüssigkeit dickmilchig.

¹ Viscosity of Solutions, Phil. Mag. [5] **49**, 274—286, (1900).

Tab. 12.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt 30,72 g Schwefel, 1,95 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,1638$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	262,5	0,01683	0,01663	60,13	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	314,4	0,02016	0,01996	50,10	» » » » »
25	345,2	0,02214	0,02195	45,56	» » » » »
20	384,1	0,02463	0,02442	40,95	» » » » »
16	419,0	0,02687	0,02663	37,55	» » » » »
15	435,5	0,02793	0,02769	36,11	Beginnende Trübung
10	546,6	0,03505	0,03480	28,74	Milchig trübe, deutliche Koagulation
8	653,8	0,04193	0,04067	24,59	» » Flockenbildung
5	1826,5	0,11712	0,11683	8,56	Starke Flockenbildung
4	—	—	∞	0	Die Masse erstarrt

Tab. 13.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt 24,14 g Schwefel, 1,53 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,1289$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	221,4	0,01346	0,01332	75,07	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	261,2	0,01585	0,01571	63,65	» » » » »
25	293,5	0,01784	0,01769	56,53	» » » » »
20	334,6	0,02034	0,02019	49,53	» » » » »
16	365,9	0,02224	0,02205	45,35	» » » » »
15	374,5	0,02276	0,02257	44,31	» » » » »
10	424,1	0,02578	0,02558	38,98	Beginnende Trübung
5	534,7	0,03250	0,03227	30,99	Milchig trüb

Tab. 14.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt 15,36 g Schwefel, 0,975 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0823$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	169,6	0,01011	0,01002	99,80	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	201,3	0,01200	0,01192	83,89	» » » » »
25	227,9	0,01359	0,01350	74,08	» » » » »
20	252,0	0,01503	0,01494	66,93	» » » » »
16	279,6	0,01667	0,01656	60,39	» » » » »
15	286,1	0,01706	0,01695	59,00	» » » » »
10	322,8	0,01925	0,01913	52,27	» » » » »
5	375,7	0,02240	0,02225	44,94	» » » » »
2	410,8	0,02450	0,02436	41,05	Beginnende Koagulation

Tab. 15.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt 7,68 g Schwefel, 0,49 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0411$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	144,0	0,00826	0,00820	121,90	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	173,1	0,00993	0,00987	101,32	» » » » »
25	192,7	0,01105	0,01099	90,99	» » » » »
20	214,5	0,01231	0,01227	81,50	» » » » »
16	236,0	0,01354	0,01346	74,29	» » » » »
15	242,2	0,01389	0,01381	72,41	» » » » »
10	277,3	0,01591	0,01582	63,21	» » » » »
5	321,9	0,01846	0,01835	54,50	» » » » »

Tab. 16.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
3,84 g Schwefel, 0,244 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,0216$

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	134,0	0,00754	0,00753	132,97	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	157,5	0,00867	0,00865	115,61	» » » » »
25	173,7	0,00978	0,00976	102,43	» » » » »
20	193,4	0,01089	0,01087	92,00	» » » » »
16	218,0	0,01227	0,01225	81,63	» » » » »
15	223,8	0,01260	0,01257	79,55	» » » » »
10	255,3	0,01437	0,01434	69,73	» » » » »
5	293,1	0,01650	0,01646	60,75	» » » » »

Tab. 17.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
1,28 g Schwefel, 0,08 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,0078$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- Zeit, τ in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	129,5	0,007192	0,00719	139,10	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
30	151,7	0,008424	0,00842	118,76	» » » » »
25	166,8	0,009263	0,00926	107,98	» » » » »
20	184,3	0,01024	0,01023	97,75	» » » » »
16	205,9	0,01143	0,01142	89,13	» » » » »
15	212,2	0,01178	0,01177	84,96	» » » » »
10	241,6	0,01342	0,01341	74,57	» » » » »
5	277,1	0,01538	0,01536	65,11	» » » » »

Tab. 18.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
5 g Schwefel, 0,72 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0298$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	175,7	0,00997	0,00991	100,91	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
20	195,4	0,01109	0,01103	90,66	» » » » »
15	221,3	0,01256	0,01248	82,00	» » » » »
10	254,5	0,01444	0,01436	69,64	Beginnende Trübung
5	310,7	0,01763	0,01753	57,05	Deutliche Flockenbildung

Tab. 19.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
5 g Schwefel, 0,9 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0314$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	175,7	0,00998	0,00991	100,01	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
20	195,3	0,01110	0,01102	90,74	» » » » »
15	224,4	0,01275	0,01265	79,05	Beginnende Trübung
10	281,7	0,01601	0,01591	62,85	Dickmilchig
5	418,0	0,02376	0,02363	42,32	Koagulationsflocken

Tab. 20.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
5 g Schwefel, 1,0 g NaCl pro 160 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0323$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	176,1	0,01002	0,00993	100,70	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
20	197,1	0,01121	0,01112	89,93	Beginnende schwache Trübung
15	230,3	0,01310	0,01299	76,98	Milchig
11	293,4	0,01669	0,01658	60,32	Dickmilchig
5	495,9	0,02821	0,02809	35,60	Flockenbildung
4	544,1	0,03095	0,03081	32,46	Starke Flockenbildung

Tab. 21.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,25—0,20) vom Gehalt
5 g Schwefel, 1,3 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,0346$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	183,5	0,01046	0,01034	96,71	Trübe Flüssigkeit
20	213,1	0,01215	0,01202	83,20	Dickmilchig
15	282,7	0,01612	0,01596	62,66	Flockenbildung
10	414,6	0,02363	0,02347	42,61	Starke Flockenbildung
5	—	—	—	—	Halbfeste Masse

Tab. 22.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (— 0,25) vom Gehalt
5 g Schwefel, 0,43 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,0275$

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	177,9	0,01007	0,01004	99,60	Die Flüssigkeit klar, keine Koagulation
20	199,4	0,01129	0,01126	88,81	» » » » »
15	225,1	0,01274	0,01269	78,80	» » » » »
10	257,3	0,01457	0,01453	68,82	» » » » »
5	299,1	0,01693	0,01687	59,28	» » » » »

Tab. 23.

Innere Reibung eines amikroskopischen Sols, Fr. (0,20—0,16) vom Gehalt
5 g Schwefel, 0,43 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{H_2O} = 1,0275$.

Tempera- tur, t, in C-Graden	Durchfluss- zeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	173,6	0,00983	0,00980	102,04	Keine Koagulation
20	192,7	0,01091	0,01088	94,05	» »
15	219,3	0,01242	0,01237	82,72	» »



Tab. 24.

Innere Reibung eines submikroskopischen Sols, Fr. (0,15—0,12) vom Gehalt 50,03 g Schwefel, 0,76 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,2483$.

Die Werte sind nach der Formel: $1/\eta = 0,5905 t + 15,5$ berechnet.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	$1/\eta$ berechnet	Bemerkungen
40	365,4	0,02513	0,02507	39,89	39,12	Keine Koagulation
30	437,7	0,03011	0,03005	33,28	33,22	» »
25	490,6	0,03374	0,03367	29,84	30,26	» »
20	539,1	0,03708	0,03702	27,01	27,31	» »
16	584,8	0,04022	0,04014	24,91	24,95	» »
15	600,5	0,04130	0,04122	24,46	24,36	» »
10	685,9	0,04718	0,04709	21,24	21,40	» »
5	788,7	0,05424	0,05413	18,47	18,45	» »

Tab. 25.

Innere Reibung eines submikroskopischen Sols, Fr. (0,15—0,12) vom Gehalt 25,02 g Schwefel, 0,38 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,1242$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflusszeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	184,3	0,01142	0,01139	87,80	Keine Koagulation
30	222,5	0,01378	0,01375	72,73	» »
25	246,9	0,01530	0,01527	65,49	» »
20	277,2	0,01717	0,01714	58,34	» »
16	304,0	0,01883	0,01878	53,25	» »
15	311,6	0,01930	0,01925	51,95	» »
10	357,2	0,02213	0,02208	45,29	» »
5	410,7	0,02544	0,02538	39,40	» »

Tab. 26.

Innere Reibung eines submikroskopischen Sols, Fr. (0,15—0,12) vom Gehalt 12,51 g Schwefel, 0,19 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0621$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflußzeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
40	148,6	0,00870	0,00869	115,00	Keine Koagulation
30	174,5	0,01021	0,01120	97,93	» »
25	193,6	0,01133	0,01132	88,27	» »
20	218,9	0,01281	0,01279	78,18	» »
16	242,4	0,01419	0,01417	70,50	» »
15	248,0	0,01451	0,01449	68,91	» »
10	283,1	0,01657	0,01655	60,36	» »
5	325,3	0,01904	0,01901	52,53	» »

Tab. 27.

Innere Reibung eines submikroskopischen Sols, Fr. (0,15—0,12) vom Gehalt 5 g Schwefel, 0,43 g NaCl pro 100 ccm. $d/d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0275$.

Temperatur, t, in C-Graden	Durchflußzeit, τ , in Sekunden	η	η korrigiert	$1/\eta$	Bemerkungen
25	172,0	0,00974	0,00971	102,98	Keine Koagulation
20	191,8	0,01086	0,01083	92,34	» »
15	218,0	0,01234	0,01229	81,37	» »
10	250,7	0,01419	0,01414	70,72	» »
5	291,5	0,01689	0,01682	59,45	» »

Tab. 28.

Innere Reibung des Wassers nach der Zusammenstellung von KOHLBAUSCH
(Lehrbuch d. prakt. Physik, 10. Aufl., S. 629).

Temp. in C-Graden	η in abs. Mass	$1/\eta$
40	0,00655	152,67
30	0,00803	124,53
25	0,00895	111,73
20	0,01004	99,60
16	0,01110	90,09
15	0,01140	87,72
10	0,01307	76,51
5	0,01518	65,88

Im Folgenden mögen die Ergebnisse obiger Tabellen von einigen Gesichtspunkten aus näher betrachtet und graphisch wiedergegeben werden.

Einfluss der Temperatur auf die innere Reibung.

Bei Zunahme der Temperatur nimmt die innere Reibung in ziemlich gesetzmässiger Weise ab. Sofern die Temperaturveränderungen nicht mit Auftreten einer Koagulation (bei Temperaturfall) oder einem Rückgang derselben (bei Temperatursteigerung) verbunden sind, nimmt der Wert $\frac{1}{\eta}$ mit der Temperatur fast linear ab, wie aus Fig. 4, wo die Fluidität, $\frac{1}{\eta}$, als Funktion der Temperatur für verschiedene Sole graphisch dargestellt ist, hervorgeht. Es lässt sich somit die Formel:

$$\frac{1}{\eta} = K t + C, \quad \text{wo } t \text{ die Temperatur, } K \text{ und } C \text{ Konstanten sind, aufstellen.}$$

Für konzentrierte Sole gibt diese empirische Formel, wie aus Tab. 24 ersichtlich, wo die berechneten Fluiditätswerte nebst den gefundenen verzeichnet sind, die Beobachtungsergebnisse recht gut wieder. Mit abnehmender Schwefelkonzentration nimmt die Fluiditäts-Temperaturkurve eine gegen die Temperaturachse etwas mehr konkave Form an. Die obenstehende, einfache Relation lässt sich somit nicht auf grössere Temperaturgebiete streng anwenden, doch zeigt sich die Formel, wenn

es sich um kleinere Temperaturgebiete handelt, recht gut brauchbar. Durch Heranziehen von mehreren Konstanten kann man ja Formeln von strengerer Gültigkeit und grösserem Gültigkeitsbereich aufstellen, da aber die Relationen nur empirisch sind und keine theoretische Begründung haben, scheint es mir im allgemeinen hinreichend, die Resultate graphisch darzustellen, wie es in Fig. 4 getan worden ist, wo die Temperatur in C-Graden als Abszissen, die (korrigierten) Werte von $1/\eta$ in absolutem Mass als Ordinaten abgetragen sind. Die $1/\eta$ Werte, welche Koagulationsstadien entsprechen, sind in diese Figur nicht aufgenommen.

Die gestrichelten Teile der Kurven zeigen nicht die wirklichen, sondern die unter der Annahme, dass keine Koagulation eintreffen würde, extrapolierten Fortsetzungen an. Bei den kleineren Schwefelkonzentrationen, wo auch bei tieferen Temperaturen keine Koagulation stattfindet, dürfte diese Extrapolation der Wirklichkeit entsprechen.

Einfluss der Schwefelkonzentration auf die innere Reibung.

Nimmt die Schwefelkonzentration zu, so vermindern sich die beiden Konstanten K und C in der Formel:

$$\frac{1}{\eta} = Kt + C \text{ ziemlich schnell, was aus folgender in}$$

Tab. 29 vorgenommenen Zusammenstellung der Werte der Konstanten bei den amikroskopischen Solen hervorgeht. Die C -Werte sind hier durch graphische Extrapolation annähernd bestimmt, die K -Werte, ebenfalls graphisch bestimmt, beziehen sich auf das Temperaturintervall 0° — 20° .

Tab. 29.

Gramm Schwefel pro 100 ccm Sol.	K	C
48,28	0,42	11
30,72	0,87	23
24,14	1,05	29
15,36	1,44	38
7,68	1,73	46
3,84	1,95	52
1,28	2,15	54
0	2,20	56

Fluidität-Temperaturkurven von Schwefelhydrosolen verschiedener Konzentration.

Fig. 4.



Sol	Schwe- felgehalt in g pro 100 ccm	
11	58,28	Amikro- skopische Sole.
12	30,72	
13	24,14	
14	15,36	
15	7,58	Submi- krosko- pische Sole.
16	3,84	
24	50,03	
25	25,02	
26	12,51	

Aus dem im vorigen Abschnitt Gesagten geht hervor, dass diese Zahlen keine strenge Bedeutung besitzen, sondern nur den annähernden Verlauf des Temperatureinflusses angeben.

Die graphische Wiedergabe in den Fig. 5. u. 6 zeigt, dass die Konstanten bei wachsender Konzentration weniger schnell abnehmen als im Anfang und sich nur asymptotisch dem Werte 0 nähern. Wäre dies nicht der Fall, so würde $\frac{1}{\eta}$ schon bei 50—60 % Schwefel den

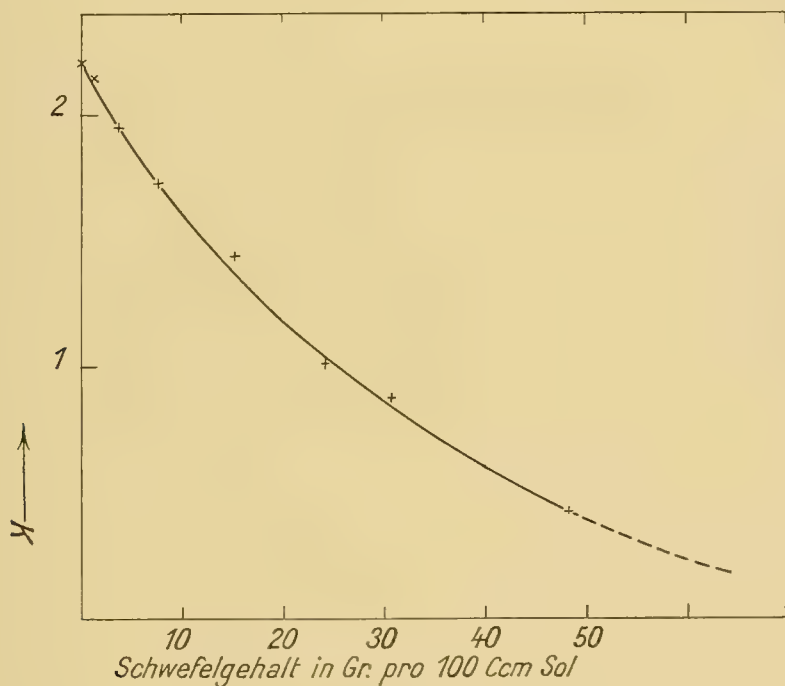


Fig. 5.

Abhängigkeit der Konstante K der Fluidität—Temperaturfunktion vom Schwefelgehalt des Sols.

Wert Null erreichen, was einer unendlich wachsenden, inneren Reibung entsprechen würde, d. h. einer Verfestigung des Sols (Gelumwandlung), was jedoch durch Fernhalten von Koagulatoren bei dieser Konzentration von mir nicht beobachtet worden ist.

Schreibt man die obige Gleichung:

$$\eta = \frac{1}{Kt + C} \text{ und deriviert nach } t, \text{ so erhält man:}$$

$$\frac{d\eta}{dt} = -\frac{K}{(Kt + C)^2} = -\frac{1}{Kt^2 + 2Ct + \frac{C^2}{K}}.$$

Da nun sowohl K als auch C mit wachsender Schwefelkonzentration abnehmen und zwar C^2 schneller als K , so ergibt sich daraus, dass $\frac{d\eta}{dt}$ mit der Schwefelkonzentration wächst, mit steigender Temperatur dagegen sich vermindert. Der Temperatureinfluss auf die innere Reibung nimmt somit mit wachsender Schwefelkonzentration zu, mit wachsender Temperatur dagegen ab.

* *

Halten wir jetzt die Temperatur konstant und betrachten zunächst die innere Reibung als Funktion der Konzentration. Von theoretischem Standpunkte aus ist der Konzentrationseinfluss auf die innere Reibung der Kolloide von A. EINSTEIN¹ und von E. HATSCHEK² behandelt worden. Nach Einstein lässt sich die innere Reibung eines Systems von suspendierten Teilchen in einer Flüssigkeit nach der Formel $\eta = \eta_D(1 + Kf)$, $K=1$ ausdrücken, wo η die innere Reibung des Systems (Sols) und η_D die der reinen Flüssigkeit (Dispersionsmittel) bedeutet K eine Konstante und f das Verhältnis des Volumens der Teilchen zum Gesamtvolumen des Systems darstellt.

Voraussetzungen für die Gültigkeit dieser Formel sind, dass dieses Volumen der Teilchen sehr klein ist. Diese Formel wurde von M. BANCELIN³ einer experimentellen Prüfung an Gummiguttsuspensionen vom Teilchenradius 0,3, 1, 2, 4 μ unterzogen, wobei sowohl der lineare Verlauf des Konzentrationseinflusses als auch die Unabhängigkeit der inneren Reibung von der Teilchengrösse bestätigt, als Konstante dagegen 2,9 anstatt 1 gefunden wurde. Nach erneuten Berechnungen von A. EINSTEIN wurde auch die Konstante von ihm in 2,5 geändert.

Die Formel von E. HATSCHEK ist in einer etwas anderen Art abgeleitet worden und unterscheidet sich von der vorhergehenden nur durch den Wert der Konstante und lautet:

$$\eta = \eta_D \left(1 + \frac{9}{2} f\right).$$

¹ Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen. Ann. d. Physik [4] **19**, 289—306, (1906).

² Die Viskosität der Dispersoide. Koll.-Zeitschr. **7**, 301—304; **8**, 34—39.

³ La viscosité des emulsions. Compt. rend. d. l'Acad. de Sciences **152**, 1382—1383, 1911). Vgl. auch Koll. Zeitschr. **9**, 154—156 (1911).

Sie sollte sowohl für Systeme flüssiger als auch fester Formart der dispersen Teilchen gelten, sofern für f nicht allzu grosse Werte angenommen werden, da in einem solchen Falle die Verhältnisse komplizierter werden und die innere Reibung schneller wächst, als die Formel angibt. Hierbei ist vorausgesetzt, dass bei den Bewegungen der Teilchen die STOKES'sche Formel gültig ist, dass die Teilchen einander nicht berühren dürfen, und dass genügende Flüssigkeitsquerschnitte vorhanden

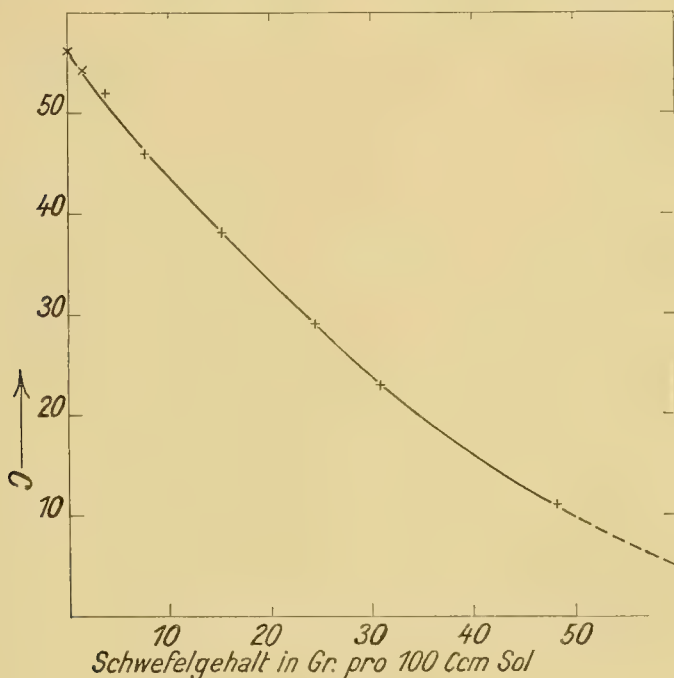


Fig. 6.

Abhängigkeit der Konstante C der Fluidität—Temperaturfunktion vom Schwefelgehalt des Sols.

sind, um die Beweglichkeit des Dispersionsmittels nicht zu beeinträchtigen, sowie einige andere Annahmen, über die in der Originalabhandlung des Näheren zu sehen ist. Aus dieser Deduktion folgt auch, dass die innere Reibung vom Dispersitätsgrad unabhängig sein würde.

Wären in der von mir benutzten empirischen Formel

$$\frac{1}{\eta} = K t + C \text{ die Konstanten } K \text{ und } C \text{ als Funktionen}$$

der Schwefelkonzentration genau bekannt, so liesse sich ja der Konzentrationseinfluss auf die innere Reibung durch Konstanthalten von t leicht ausdrücken. Da dies aber nicht ohne Heranziehen mehrerer

Konstanten gelingt, habe ich mich nur der graphischen Reproduktion in Fig. 7 bedient, wo die Abszissen die Schwefelkonzentrationen, die Ordinaten die innere Reibung angeben. Aus dem Verlauf dieser Kurven ergibt sich, dass für kleinere Schwefelkonzentrationen der lineare Verlauf in Übereinstimmung mit den theoretischen Begründungen ziemlich gut hervortritt, dass jedoch eine gegen die Konzentrationsachse konkave Neigung deutlich vorhanden ist, und dass bei grösseren Konzentrationen die Krümmung grösser wird.

Zahlenmässig stimmen jedoch auch für kleinere Konzentrationen die Beobachtungen mit den theoretisch begründeten Formeln nicht überein.

Einfluss des Dispersitätsgrades auf die innere Reibung.

Über den Einfluss des Dispersitätsgrades auf die innere Reibung von Kolloiden liegen sehr wenige einwandfreie Untersuchungen vor. Die Versuche, welche auf diesem Gebiete ausgeführt sind, wurden im allgemeinen in der Weise angestellt, dass durch Zusätze eine Koagulation und dadurch eine Dispersitätsverminderung hervorgerufen und dann die innere Reibung gemessen wurde.

Solche Versuche beweisen aber keineswegs den Einfluss der Grösse der Teilchen auf die innere Reibung, denn in den meisten Fällen treten wohl bei den Koagulationserscheinungen, von der meist sehr kleinen Einwirkung des Koagulators auf die innere Reibung des Dispersionsmittels abgesehen, neben einer Dispersitätsverminderung auch andere zur Zeit wenig sicher bekannte Veränderungen in dem System ein, Änderung der Oberflächenspannung zwischen der dispersen Phase und dem Dispersionsmittel, Entstehung eines maschenförmigen Gelgerüsts in der Flüssigkeit u. s. w.¹, welche oft einen bedeutenden Einfluss auf die innere Reibung ausüben und somit den Einfluss des Dispersitätsgrades ganz verdecken. In anderen Fällen, wo der Einfluss des Alters auf die innere Reibung etc. als Kriterium von Dispersitätsänderungen angesehen wurde, ist es gar nicht ausgeschlossen, dass die eintretenden Veränderungen sowohl die innere Reibung als auch die Teilchengrösse beeinflussen, ohne dass die letztere als solche in irgend einem Zusammenhang mit der inneren Reibung steht.

¹ Vgl. auch R. O. HERZOG: Bemerkungen über die Viskosität kolloider Lösungen. Koll.-Zeitschr. 8, 210—211 (1911).

Wie erwähnt, sollte nach den theoretischen Betrachtungen bei Suspensoiden keine Abhängigkeit der Viskosität von der Zerteilung der dispersen Phase verursacht werden, sondern nur das absolute Volumen der Teilchen massgebend sein.¹ Um diese Fragen etwas näher zu erforschen, wurde die innere Reibung zweier Sole von grosser Verschiedenheit bezüglich der Teilchengrösse in einem ziemlich grossen Konzentrationsgebiet untersucht. Das Resultat ergab, wie aus den Tabel-

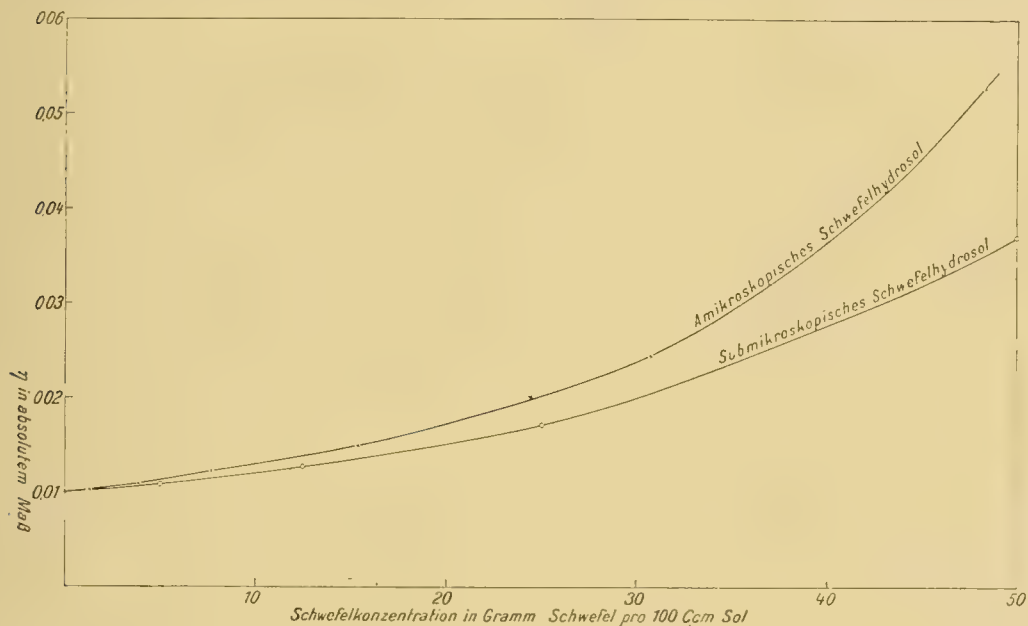


Fig. 7.

Innere Reibung der Schwefelhydrosole bei 20° als Funktion der Schwefelkonzentration.

len ersichtlich, dass die innere Reibung mit wachsender Zerteilung zunimmt. Dies geht mit grosser Deutlichkeit aus einem Vergleich der zwei Kurven für das amikroskopische Sol, Fraktion (0,25—0,20), und für das submikroskopische, Fraktion (0,15—0,12), aus Fig. 7 hervor. Der Teilchendiameter des ersteren kann auf zirka 10 $\mu\mu$, der des letzteren auf ungefähr 100 $\mu\mu$ geschätzt werden.

Hieraus ergibt sich auch, dass weniger disperse Sole sich viel besser den erwähnten theoretischen Formeln anpassen als die hochdispersen.

¹ Vgl. indessen Wo. OSTWALD: Grundriss d. Kolloidchemie (3. Aufl., Dresden und Leipzig, 1912), S. 189 u. 217, wo ein Einfluss seitens des Dispersitätsgrades in der hier gefundenen Richtung als wahrscheinlich angegeben wird.

Dass sich dieser Einfluss nicht auf den Vergleich zwischen so extremen Dispersitätsverschiedenheiten wie die erwähnten beschränkt, geht aus folgender nach den Tab. 18, 22, 23, 24, 27 gegebenen Zusammenstellung in Tab. 30 deutlich hervor.

Tab. 30.

Einfluss des Dispersitätsgrades auf die innere Reibung der Schwefelhydrosole.

Die Bestimmungen sind bei 20° ausgeführt.

Fraktion	Schwefel- Gehalt	NaCl- Gehalt	η	η
	in Gramm pro 100 cem		beobachtet	korrigiert
—0,25	5	0,43	0,01129	0,01126
0,25—0,20	50	—	—	0,05750*
» »	5	0,70	0,01109	0,01103
0,20—0,16	5	0,43	0,01091	0,01088
0,15—0,12	5	0,43	0,01086	0,01083
» »	50,03	0,76	0,03708	0,03702

Beachtung verdient, dass die Fraktion (0,25—0,20) bei einer Konzentration von 5 g Schwefel pro 100 cem eine nur um 3,6 % grössere innere Reibung als Fraktion (0,15—0,12) besitzt, während bei 50 g Schwefel pro 100 cem Sol diese um 55 % grösser ist. Es zeigt sich somit, dass mit wachsender Konzentration die relative Einwirkung des Dispersitätsgrades stark ansteigt.

Einfluss der Koagulationserscheinungen auf die innere Reibung.

Die bisher besprochenen Regelmässigkeiten der inneren Reibung treten nur dann auf, wenn die Veränderung nicht von eintretenden Koagulationserscheinungen des Sols begleitet sind. Falls die Temperatur genügend tief ist, um bei der vorhandenen Salzkonzentration eine Koagulation hervorzurufen, wird die innere Reibung stets bedeutend grösser, als es aus den früheren Gleichungen zu schliessen wäre, und diese Viskositätssteigerung wird manchmal so gross, dass eine Erstarrung eintritt. Da die Dispersitätsverminderung, welche bei der Koagulation eintritt, selbst eine Verminderung hervorbringen würde, muss die

* Extrapolierter Wert.

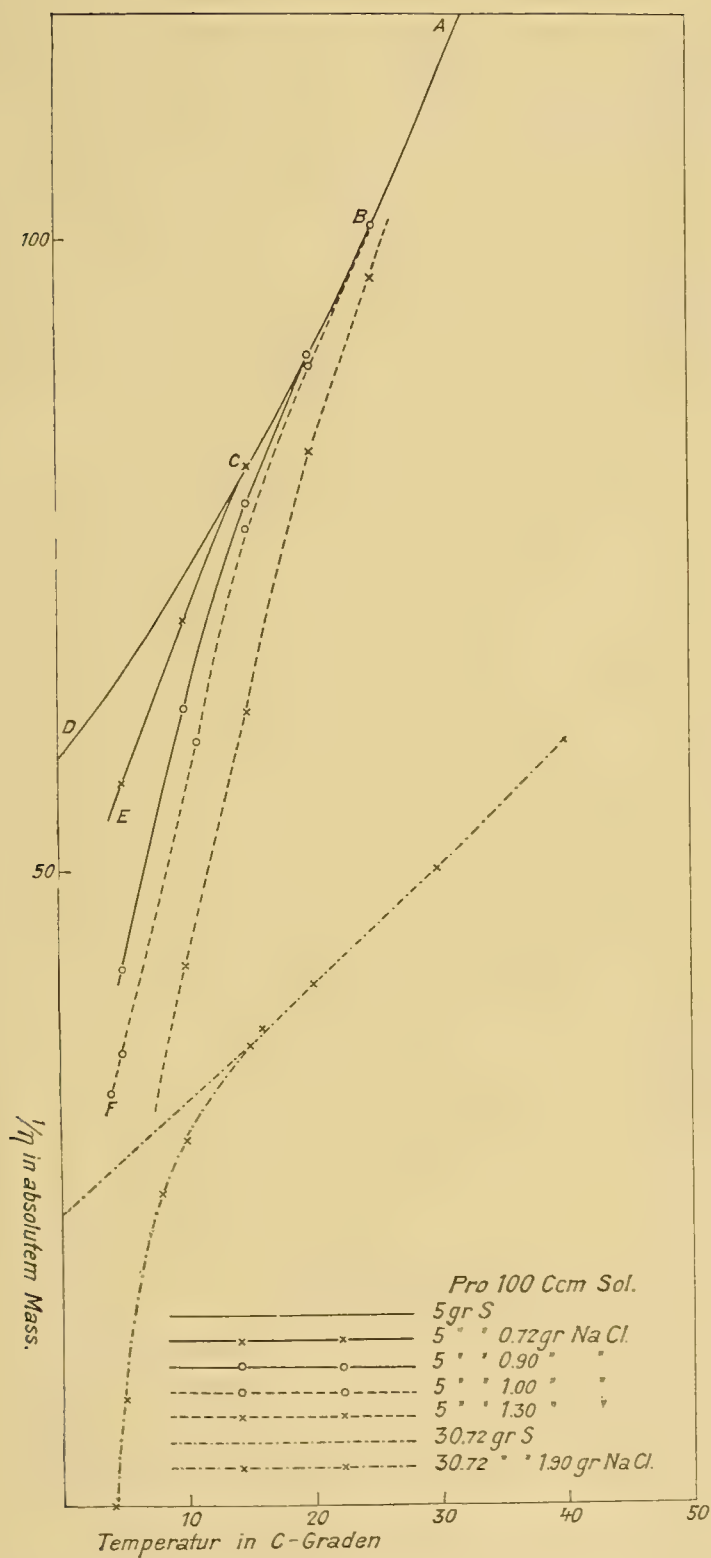


Fig. 8.

Veränderung der Fluidität ($1/\eta$) amikroskopischen Schwefelhydrosole durch Koagulationserscheinungen.

Ursache dieser Steigerung in anderen Veränderungen gesucht werden. Die nächstliegende Erklärung scheint eine gegenseitige Beeinflussung der Schwefelteilchen zu sein, wodurch eine Verschiebung der Teilchen bedeutend erschwert würde; es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass auch andere Einflüsse hier mitwirken können.¹

Die Koagulationserscheinungen treten besonders in Tab. 18—21, sowie in Tab. 12 deutlich hervor, wenn auch bisweilen in den anderen Versuchsreihen bei den tieferen Temperaturen eine partielle Koagulation eintritt.

Diese Abweichungen werden am besten durch die graphische Wiedergabe in Fig. 8 illustriert. Hier sind oben die Fluiditäts-Temperaturkurven von Solen (s. Tab. 18—21) mit gleichem Schwefelgehalt und verschiedenem Chlornatriumgehalt dargestellt. Bei 25° sind die korrigierten $\frac{1}{\eta}$ Werte fast dieselben, wenn von dem an Salz reichsten Sol abgesehen wird, und über diese Temperatur hinaus würden die Kurven zusammenfallen. Der Verlauf bei einem Chlornatriumgehalt = 0 wird durch die Kurve ABCD angedeutet. Bei den kleineren Chlornatriumkonzentrationen (ABCE = Tab. 18; NaCl-Gehalt = 0,7 g) folgt die Kurve ziemlich lange dieser idealen Kurve, bei den grösseren treten früher Abweichungen auf, wodurch die innere Reibung abnorm gesteigert wird (Kurve ABF). Diese abnorme Steigerung der inneren Reibung (Abnahme von $\frac{1}{\eta}$) erfolgt immer da, wo äusserlich eine Koagulation sichtbar wird. (Vgl. die Kolumne »Bemerkungen« der Tabellen).

Unten in Fig. 8 ist die entsprechende Kurve für das Sol mit dem Schwefelgehalt 30,72 g (Tab. 12) wiedergegeben. Die gestrichelte Linie deutet die ideale Fortsetzung an, wenn keine Koagulation eintreten würde. Hier wurde die Fluiditätsabnahme bis zum Festwerden des Sols verfolgt.

5.

. Oberflächenspannung.

Die Oberflächenspannung der Schwefelhydrosole wurde durch Messung der kapillaren Steighöhe derselben berechnet, und es wurde somit die Oberflächenspannung: Sol — feuchte Luft bestimmt. Zur Ausführung diente ein kapillares Rohr, sog. Thermometerrohr, dessen

¹ Vgl. R. O. HERZOG, a. a. O.

innerer Radius durch Wägen eines Quecksilberfadens auf 0,00711 cm bestimmt wurde.¹ Das Kalibrieren des Rohres ergab, dass dieser Radius in dem bei den Messungen vorkommenden Längenintervall keine merkbaren Variationen zeigte.

Über die Ausführung der Versuche, sowie Deduktion der Formel muss auf KOHLRAUSCH's Lehrbuch d. praktischen Physik², S. 237 ff. verwiesen werden. Zur Berechnung der Oberflächenspannung σ des Sols (gegen feuchte Luft) dient folgende Formel:

$$\sigma = \frac{1}{2} H \cdot R \cdot d \cdot g,$$

wo H die Steighöhe, R den Radius in cm, d das spezifische Gewicht und g die Gravitationskonstante bedeutet. Da die Bestimmungen zu verschiedenen Zeiten ausgeführt wurden und die Versuchstemperatur, t , etwas schwankte, sind sämtliche σ -Werte auf 18° korrigiert. Zur Korrektur wurde die Formel $\sigma_t = \sigma_0 (1 - 0,002 t)$ benutzt.³

Die Versuche wurden sowohl mit amikroskopischen Solen Fr. (0,20—0,25) als auch mit submikroskopischen Solen Fr. (0,15—0,12) ausgeführt. Die Resultate sind in Tab. 31 und Tab. 32 zusammengestellt.

Die Steighöhe H wurde durch Ablesung der Skalenteile an dem Rohre und direkte Ausmessung dieser Abstände auf einer Teilungsmaschine bestimmt; g wurde gleich 981 gesetzt.

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, dass die Schwefelteilchen auch in grossen Konzentrationen die Oberflächenspannung des Dispersionsmittels (Wassers) in keiner Weise beeinflussen, weder bei amikroskopischen noch bei submikroskopischen Solen. Auffallend ist ferner, dass der Salzgehalt (NaCl), der bei dem 45-prozentigen Sol 3,3 % betrug (bei den anderen im Verhältnis zur Schwefelkonzentration vermindert), keine Steigerung der Oberflächenspannung hervorruft. Diese Salzkonzentration würde, wenn reines Wasser vorläge, eine Steigerung von ungefähr 7 Proz. hervorrufen.⁴ Da sich bei den grösseren Konzen-

¹ Ein Faden von 246,62 mm Länge wog 53,05 mg; somit (nach KOHLRAUSCH, a. a. O.,

S. 238) $R = 0,01533 \sqrt{\frac{53,05}{246,62}} = 0,00711 \text{ cm}$

² 10. Aufl. (Leipzig u. Berlin 1905).

³ FREUNDLICH: Kapillarchemie (Leipzig 1902,) S. 29.

⁴ FREUNDLICH: a. a. O. Tabellarische Zusammenstellung auf S. 62.

Tab. 31.

Bestimmung der Oberflächenspannung amikroskopischer Schwefelhydrosole verschiedener Konzentration.

Schwefelkonzentration in g pro 100 ccm	Steighöhe		Temperatur, t, in C-Graden	Dichte	σ in $\frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$	σ_{18} in $\frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$
	Skalenteile	cm				
45,00	148	16,93	18°5	1,240	73,24	73,31
33,75	155	17,74	18°3	1,181	73,07	73,10
25,31	161	18,44	18°	1,136	73,06	73,06
18,98	167	19,13	16°5	1,102	73,60	73,39
14,23	171,5	19,65	18°5	1,078	73,86	73,93
10,67	174	19,95	16°5	1,058	73,66	73,45
6,40	176,5	20,23	18°5	1,035	73,03	73,10
3,20	179,3	20,55	20°	1,017	72,92	73,20
1,07	182,3	20,87	18°	1,006	73,19	73,19
0,50	182,4	20,93	18°	1,002	73,18	73,18
0	183	20,98	18°	0,999	73,10	73,10
						M: 73,29

Für reines Wasser wurde von DOMKE¹ σ_{18} nach der Steighöhenmethode auf 73 bestimmt.

Tab. 32.

Bestimmung der Oberflächenspannung submikroskopischer Schwefelhydrosole verschiedener Konzentration.

Schwefelkonzentration in g pro 100 ccm	Steighöhe		Temperatur, t, in C-Graden	Dichte	σ in $\frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$	σ_{18} in $\frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$
	Skalenteile	cm				
10,65	174	199,5	17°	1,050	73,08	72,94
8,00	177	202,9	19°	1,038	73,47	73,61
6,00	179	205,2	19°5	1,025	73,35	73,56
3,00	180,6	207,0	18°	1,014	73,23	73,23
1,00	182,2	208,7	18°	1,004	73,10	73,11
						M: 73,14

¹ Wiss. Abh. d. k. Norm.-Aich.-Komm. 3, 38 (1902).

trationen keine Steigerung der σ -Werte bemerken lässt, dürfte daraus hervorgehen, dass das Salz grösstenteils an die Schwefelteilchen gebunden ist. Dies steht in Einklang mit dem Verhalten des Sols bei Abkühlung zur Koagulation, wobei von dem Koagulum stets Salz gebunden wird; im vorliegenden Fall kann die »freie« Salzkonzentration bei dem Sol mit 45 g Schwefel auf nur 0,8 Prozent geschätzt werden (vgl. S. 60, sowie Ausführlicheres über die Salzbindung in Kapitel V, Abschn. 2).

6.

Diffusion, Dialyse und osmotischer Druck.

Dass die Hydrosole des Schwefels ein gewisses, wenn auch kleines Diffusionsvermögen besitzen, ist ja zu erwarten und wurde auch als sicher festgestellt. Einige Versuche, den Diffusionskoeffizient, D , bei freier Diffusion nach der von THE SVEDBERG und ANDREA ANDREEN-SVEDBERG¹ angegebenen Methode und mit dem von ihnen benutzten Apparate zu bestimmen, scheiterten an dem Umstande, dass es nicht gelang, die Temperatur so lange, ca. 10 Tage, wie es zur Erreichung eines einigermaßen grossen Betrages an diffundiertem Schwefel nötig ist, konstant zu halten, so dass Strömungen infolge Temperatursausgleichung die erhaltenen Werte ziemlich unsicher machten.

Von einigen Versuchen, die ziemlich gut ausfielen, mögen für Fraktion (0,35—0,30) die Werte $D = 0,04—0,06$ (in cm pro Tag gemessen) angegeben werden, was einem Diameter von ca. 5μ nach der SUTHERLAND-EINSTEIN'schen² Formel entsprechen würde.

Über die Ergebnisse bei Dialyse der Schwefelhydrosole liegen recht verschiedene Angaben vor.

Während DEBUS [33] bei Dialyse von durch Oxydation des Schwefelwasserstoffs durch Schwefeldioxyd erhaltenen Solen durch Tonzellen sowie durch Pergamentpapier und RAFFO und MANCINI [72] bei den durch Zersetzung von Natriumthiosulfat dargestellten amikro-

¹ Diffusionsgeschwindigkeit und relative Grösse gelöster Moleküle, Zeitschr. f. physik. Chem. **76**, 145—155, (1910).

² Austral. Assoc. 10th meet., Dunedin **1904**. S. 117—121 (1905). Ann. d. Physik [4] **17**, 549—560 (1905); **19**, 289—306 (1906).

skopischen Solen bei Dialyse durch Fischblase eine Zerstörung der Sole beobachtet haben, geben SPRING [51] und VALETON [53] an, dass sich durch Dialyse durch Harnblase die Sole reinigen liessen. Da es durch meine oben [S. 66] erwähnte Kombination von Dialyse und Kataphorese gelungen war, Sole von nur verschwindend kleinen Elektrolytmengen und grosser Stabilität darzustellen, scheinen die von RAFFO angegebenen ziemlich grossen Elektrolytmengen (Solbildner) kaum als notwendige Bestandteile des Sols betrachtet werden zu können, sondern sind die Zerstörungen der Sole anderen Ursachen zuzuschreiben.

Es scheint mir, als ob wir in den Veränderungen der Natur der dispersen Phase die Ursache für die Zerstörungen der Sole bei Dialyse und für die Widersprüche der Angaben obiger Forscher zu suchen haben.

Es ist aus mehreren Gründen wahrscheinlich,¹ dass, wenn Elektrolyte im Dispersionsmittel zugegen sind, diese auf irgendeine Weise an die Schwefelteilchen gebunden sind.² Wahrscheinlich werden von diesen Komplexen Ionen abdissoziiert, und die Schwefelpartikel kann als ein, etwa mit Salzionen verbundenes, negatives Ion von sehr geringer Beweglichkeit angesehen werden. Bei Dialyse derartig konstituierter Komplexe finden nun, wie F. G. DONNAN³ gezeigt hat, hydrolytische Zersetzungen durch die Wirkung der Membrane statt, wodurch die Innenflüssigkeit sauer, die Aussenflüssigkeit alkalisch wird.

Wir können daher in der Membranschicht OH'-Ionen erwarten und haben hiermit die Bedingungen vor uns, welche eine Zerstörung des Sols infolge Umwandlung des γ -Schwefels in α -Schwefel bewirken (vgl. Kap. V, Abschnitt 12). Die Richtigkeit dieser Erklärung für die von RAFFO gefundenen Zerstörungen der Sole bei Dialyse darf einstweilen nicht als völlig sichergestellt betrachtet werden, obgleich folgende Experimente für diese Auffassung sprechen.

Sole, welche nach der früher beschriebenen Methode möglichst weitgehend von Elektrolyten befreit waren, wurden einer 30-tägigen

¹ Vgl. Kap. V, Abschn. 2 über das Salzbindungsvermögen des Koagulum sowie Abschnitt 3, desselben Kapitels.

² Vgl. die eben publizierte Arbeit von M. RAFFO u. G. ROSSI, Koll.-Zeitschr. **11**, 121—124, worin gezeigt wurde, dass eine kolloiden Schwefel enthaltende Salzlösung eine bedeutend geringere Leitfähigkeit zeigt als eine solche gleichen Gehalts ohne kolloiden Schwefel, was zugunsten der Auffassung einer Bindung zwischen Salz und Schwefel schon im Solzustand spricht.

Ann. während d. Korrektur.

³ Theorie der Membrangleichgewichte, Zeitschr. f. Elektrochemie **17**, 572—581 (1911).

Dialyse sowohl durch Pergamenthülsen¹ als auch durch Kollodiummembranen unter häufigem Wechseln des Dialysewassers unterworfen. Es konnte während dieser Zeit ein schwaches Hindurchgehen der Sole durch die Membran beobachtet werden, sonst konnte ausser den stets eintreffenden Ausscheidungen von kleinen Mengen Schwefelkriställchen keine Zerstörung bemerkt werden (vgl. Kap. V, Abschnitt 10). Auch in Solen, welche von Metallkationen befreit waren und nur Chlorwasserstoffsäure enthielten, konnten während der Dialyse keine Zerstörungen wahrgenommen werden. Wurden dagegen reichliche Mengen Chlornatriumlösung während der Dialyse zum Sol zugesetzt, so konnte man eine gewisse Ausscheidung von Schwefel beobachten, und dieser ausgeschiedene Schwefel war stets in Schwefelkohlenstoff löslich, bestand somit aus α -Schwefel.

Es mag jedoch Erwähnung finden, dass ich nirgends solche grosse Zerstörungen der Sole, wie sie RAFFO angibt, habe bemerken können; auch nicht, wenn soviel Salz zugesetzt war, dass die Sole innen im Dialysator koaguliert wurden. Beim Wegdiffundieren der Salze löste sich das Koagulum wieder in Sol auf, welches zwar bei fortgesetzter Dialyse eine gewisse Zerstörung an den Membranwänden erlitt, jedoch nirgends vollständig zerstört wurde, auch wenn die Dialyse einen Monat lang fortgesetzt wurde. Allerdings scheinen geringe Mengen Elektrolyten in der Innenflüssigkeit zurückzubleiben und auch bei fortgesetzter Dialyse nicht entfernt werden zu können. Um diese wegzuschaffen, muss man sich des elektrischen Stromes bedienen, wie dies früher geschildert wurde.

* *

Dass die Schwefelhydrosole einen osmotischen Druck besitzen, wurde von R. ZSIGMONDY [81] beobachtet. Durch mehrere Versuche konnte ich dies bestätigen und auch einige Messungen darüber anstellen, da diese indessen bis jetzt wenig von Interesse darbieten, sollen sie hier keine Erwähnung finden, und nur das sicher festgestellte Vorhandensein eines osmotischen Drucks der Sole gegen die abfiltrierte Dispersionsflüssigkeit erwähnt werden.

¹ Von SCHLEICHER & SCHÜLL, Düren, bezogen.

7.

Farbe und ultramikroskopisches Verhalten.

Die amikroskopischen Schwefelhydrosole sind, wie schon erwähnt, in Durchsicht hellgelbe Flüssigkeiten. Mit zunehmender Teilchengrösse werden dieselben mehr und mehr trüb und schliesslich milchigweiss. Gleichzeitig kann man eine Änderung der Farbennuance bemerken, so dass die Farbe mehr rötlich bis rötlichbraun, bei den Solen mit Teilchen an der Grenze ultramikroskopischer Sichtbarkeit, erscheint. Bei Solen mit noch grösseren Teilchen treten purpurne bis blaue Farbtöne auf, wie schon von DÖBEREINER [10] bemerkt wurde; mit zunehmender Teilchengrösse aber wird die Reinheit der Farbe weniger gut, so dass man von charakteristischen Farben kaum sprechen kann. Durch Verwendung von Gelatine als Schutzkolloid soll es nach R. E. LIESEGANG [66] gelingen, reinere, blaue Farben hervorzubringen. Dass es sich hier um grosse Schwefelpartikeln handelt, geht aus dem milchigtrüben Aussehen dieser Präparate hervor.

Breitet man eine Schicht des amikroskopischen Sols auf einer Glasplatte aus, welche mit schwarzem Papier unterlegt ist, so tritt die deutlich grüne Farbe des reflektierten Lichtes hervor, während die weniger dispersen Solé eine mehr bläuliche Farbe des reflektierten Lichtes aufweisen. Dass die Liesegang'schen Präparate bei schräger Stellung des Präparates grün erscheinen, dürfte auf ein Zusammenwirken des reflektierten und des durchgehenden Lichtes zurückzuführen sein.

Einen Farbenübergang gelb — rötlichgelb mit zunehmender Teilchengrösse kann man auch bei Zusatz von Elektrolyten zum klargelben, amikroskopischen Sol bemerken. Wenn der Zusatz von Koagulator den Schwellenwert nur unbedeutend übersteigt, beobachtet man in dem Momente unmittelbar vor dem Auftreten der Koagulationsflocken eine rötliche bis mehr oder weniger rotbraune Anfärbung des Sols. Der umgekehrte Vorgang wird bisweilen bei der Auflösung eines gut zerteilten Koagulum im Wasser beobachtet; beim Durchschütteln mit Wasser bleibt das Koagulum anfangs trüb aufgeschwemmt, löst sich aber bald auf, wobei es auch jetzt ein rötlichgelbes Stadium passiert, ehe das reingelbe Sol entsteht. Diese Zwischenstadien

verlaufen aber sehr schnell, zeigen jedoch einen guten Parallelismus zu den Verschiedenheiten in der Farbe bei Solen verschiedener Dispersität, bei welchen die Teilchengrösse konstant und nicht etwa durch Aggregation infolge Elektrolytzusatz hervorgerufen ist.

In seiner Monographie: Farbe und Dispersitätsgrad kolloider Lösungen [74] deutet Wo. OSTWALD an, dass mit stark abnehmender Teilchengrösse die Farbe wieder in Blau übergehe. Diese Annahme scheint mir durch keine experimentell sichergestellten Tatsachen bestätigt, denn in den meisten Fällen, wo ausgesprochen blaue Färbungen vorkommen, scheint weder eine sichere Feststellung, dass diese Farbe durch elementaren Schwefel in kolloider Form hervorgebracht worden ist, noch eine Untersuchung des Dispersitätsgrades vorzuliegen. Dies gilt insbesondere für die von F. WÖHLER, A. VOGEL und H. SCHIFF [25, 27, 29] beschriebenen Färbungen, welche alle bei Vorhandensein von Schwermetallen auftreten, so dass hier eine Entstehungsmöglichkeit dieser Färbung durch Metallsulfide, etwa als Verunreinigungen, nicht ausgeschlossen ist. Dasselbe dürfte auch bei den blauen und grünen Schwefelmodifikationen N. ORLOWS [38, 39] der Fall sein, welche beim Vorhandensein von Wismut- oder Kadmiumsalzen erscheinen. Die bei der Auflösung von Schwefel in flüssigem Ammoniak auftretenden Färbungen scheinen nach den neuesten Untersuchungen von O. RUFF u. L. HECHT¹ mit ziemlich grosser Sicherheit auf die zwei Verbindungen:



zurückführbar zu sein. Endlich ist es bei den von Wo. OSTWALD untersuchten Schwefel-glycerino-Solen, sowie für die durch die Reaktion von CARAVES GIL [35] hervorgebrachten Färbungen noch nicht festgestellt, ob es sich um die Bildung chemischer Verbindungen handelt, oder ob kolloider Schwefel die Farben erzeugt. Da die ultramikroskopischen Untersuchungen dieser Systeme von Wo. OSTWALD noch nicht publiziert sind und seine Arbeiten fortgesetzt werden, habe ich keine experimentellen Untersuchungen zu Gunsten der einen oder anderen Auffassung vorgenommen.

¹ Über das Sulfammonium und seine Beziehungen zum Schwefelstickstoff, Zeitschr. f. anorg. Chem. **70**, 49–69 (1911).

Über das ultramikroskopische Verhalten der Schwefelhydrosole ist nur wenig zu sagen. Die weniger dispersen Sole zeigen, wie erwähnt, deutliche Submikronen, welche von gelblichweisser bis hell-



Fig. 9.

Brechungsindex amikroskopischer Schwefelhydrosole verschiedener Konzentration.

weisser Farbe sind und je nach der verschiedenen Grösse die BROWN'schen Bewegungen mehr oder wenig lebhaft ausführen. Ausgeprägte Farbenercheinungen der Teilchen treten nie auf.

Mit Abnahme der Teilchengrösse wird es immer schwieriger, die Teilchen zu beobachten, und bei Verwendung von Bogenlicht erreichen sie bei einem Diameter von ca. $20 \mu\mu$ einen an der Grenze ultramikroskopischer Sichtbarkeit liegenden Wert. Dieser Wert ist ja sehr unsicher und von der Intensität der benutzten Lichtquelle abhängig; jedenfalls sind die Schwefelteilchen im Vergleich zu den Teilchen von Metallhydrosolen, wie z. B. Gold- oder Silber-solen, weit schlechter sichtbar.

Die amikroskopischen Sole zeigen einen bläulichen Lichtkegel, dessen Licht, wie schon von THE SVEDBERG [60] beobachtet wurde, senkrecht zur Einfallsebene des Lichtes polarisiert ist.

Mit abnehmender Teilchengrösse nimmt die Lichtintensität des Kegels bei gleicher Schwefelkonzentration ab, ohne indessen bei den höchstdispersen Solen völlig zu verschwinden. (Vgl. in dieser Hinsicht auch die Tabelle 5, S. 62).

S.

Lichtbrechung.

Zur Bestimmung der Lichtbrechung amikroskopischer Schwefelhydrosolen wurde das Eintauch-Refraktometer von Zeiss verwendet, das

Tab. 33.

Brechungsindex amikroskopischer Schwefelhydrosolen Fr. (0,25—0,20) verschiedener Konzentration.

Gehalt Schwefel NaCl des Sols pro 100 ccm		Skalenteile	N_{Sol}	N_{Disp}^1	$(N_{\text{Sol}} - N_{\text{Disp}})$	$\frac{N_{\text{Sol}} - N_{\text{Disp}}}{\text{Schwefelgehalt}}$
7,61	0,50	84,65	1,35917	1,33408	0,02509	3,30
6,34	0,42	72,32	1,35473	1,33394	0,02079	3,28
5,44	0,36	64,05	1,35171	1,33384	0,01787	3,29
4,76	0,31	57,62	1,34933	1,33375	0,01558	3,27
4,23	0,28	52,84	1,34755	1,33370	0,01385	3,28
3,81	0,25	49,00	1,34612	1,33364	0,01248	3,28
2,72	0,15	39,51	1,34256	1,33347	0,00909	3,34
1,59	0,10	29,35	1,33871	1,33338	0,00533	3,36
0,79	0,05	22,05	1,33592	1,33329	0,00263	3,31
						M: 3,30

sehr genaue Werte des Brechungsindex gibt. Alle Messungen wurden bei 17° ausgeführt, und als Lichtquelle wurde Natriumlicht ver-

¹ Nach den Messungen von B. WAGNER: Über quantitative Bestimmungen wässriger Lösungen mit dem ZEISS'schen Eintauchrefraktometer. Diss. Jena 1903, S. 28.

wendet. Das Refraktometer war hinreichend lange in dem benutzten Wasserbade eingetaucht, so dass eine sichere Temperatúrausgleichung stattgefunden hatte.

In der Tabelle 33 sind die beobachteten Skalenteile, sowie die umgerechneten Werte¹ für die D-Linie einiger Sole verschiedener Konzentration zusammengestellt.

Der Brechungsindex zeigt eine dem Schwefelgehalt *proportionale* Zunahme, wie aus der Kurve in Fig. 9, sowie aus Tab. 33 hervorgeht.

Die Formel lautet demgemäss

$$N_{\text{Sol}} = N_{\text{Dispersionsmittel}} + Kp,$$

wo p den Schwefelgehalt des Sols und K eine Konstante bedeutet.

¹ Nach der das Refraktometer begleitenden Druckschrift: Das Eintauch-Refraktometer, III. Ausg., Jena 1905.

KAPITEL V.

DIE VERÄNDERUNGEN DER SCHWEFELHYDROSOLE.

Ehe ich zur näheren Besprechung der Veränderungen, welchen die Schwefelhydrosole unterliegen, übergehe, scheint es mir am zweckmässigsten, um die Darstellung etwas übersichtlicher zu machen, eine kurze, systematische Übersicht der hier auftretenden Phänomene zu geben.

Wenn die Sole ohne fremde Einwirkungen sich selbst überlassen bleiben, tritt eine langsame Ausscheidung von krystallisiertem Schwefel ein, eine Veränderung, welche völlig irreversibel ist. Die übrigen Veränderungen finden durch Zusammenbringen des Sols mit anderen fremden Stoffen statt und können sowohl reversibel als irreversibel sein. Zu den letzteren gehören solche Vorgänge, welche die chemische Natur der dispersen Phase entweder durch Bildung einer anderen Modifikation des Schwefels oder durch Entstehung einer Schwefelverbindung verändern. In beiden Fällen kann die Solnatur beibehalten werden, oder es tritt (bei grösserer Konzentration) eine irreversible Koagulation auf. Zu den reversiblen Veränderungen gehört die Einwirkung gewisser Salze, welche im allgemeinen bei nicht allzu starker oder langwieriger Wirkung eine reversible Koagulation hervorrufen. Die zur Koagulation nötige Salzkonzentration ist stark von der Temperatur beeinflusst, und wir können daher bei konstantem Salzgehalt diese reversible Koagulation durch Temperaturveränderung hervorrufen oder aufheben.

Nach dem Gesagten können wir folgende Übersicht über den vorliegenden Abschnitt aufstellen:

A. Reversible Veränderungen:

- a) Bei konstanter Temperatur durch Veränderungen der Salzkonzentration hervorgerufen.
- b) Bei konstantem Salzgehalt durch Temperaturveränderung hervorgerufen.

B. Irreversible Veränderungen:

- a) Ausbildung von Schwefelkristallen,
 - b) Irreversible Koagulation infolge grosser Intensität des Koagulators oder Temperatursteigerung.
- Veränderung der Natur der dispersen Phase infolge:
- c) Übergang des Schwefels in eine andere Modifikation,
 - d) Bildung von Schwefelverbindungen.

1.**Orientierende Versuche.**

Ehe auf die mehr quantitativen Untersuchungen über die reversible Salzkoagulation eingegangen wird, mögen hier einige zur Beleuchtung des Koagulationsvorgangs dienende Vorversuche Erwähnung finden.

Zuerst wurde durch Zusatz von gesättigten Lösungen solcher Salze, welche wie Quecksilberchlorid, Quecksilbercyanid in wässriger Lösung sehr geringe Dissoziation zeigen, gefunden, dass diese Salze keine direkte koagulierende Wirkung ausüben.¹ Da nun die dissoziierten Salze wie frisch bereitete Lösungen von Quecksilberniträt schon in schwachen Konzentrationen eine starke Ausflockung hervorrufen, so lässt sich daraus schliessen, dass es nur die Ionen der Salze sind, welche die koagulierenden Wirkungen besitzen.

Auch die wenig dissoziierten Salze Kadmiumbromid und Kadmiumjodid üben im Vergleich mit dem gut dissoziierten Kadmiumnitrat eine schwach koagulierende Wirkung aus.

Da die Schwefelteilchen negativ geladen sind, könnte man ja erwarten, dass den Kationen die koagulierende Wirkung zukommt, und dies erwies sich auch insofern als richtig, als beim Vergleich der Koagulationswirkungen verschiedener Salze die Kationenwirkungen und die verschiedene Intensität derselben weit mehr hervortreten als die Wirkung der Anionen; dass aber auch die letzteren von grosser Bedeutung sind, ging aus mehreren Versuchen deutlich hervor.

¹ HgCl_2 lässt jedoch bei längerer Einwirkung ein Koagulum entstehen, was dagegen bei $\text{Hg}(\text{CN})_2$ nicht der Fall ist.

Die Wirkung der Ionen lässt sich folgendermassen kurz zusammenfassen:

- 1) Kationen üben eine dispersitätsvermindernde (koagulierende), Anionen eine dispergierende (lösende) Wirkung aus.
- 2) Wird ein Elektrolyt in wachsender Menge zugesetzt, so überwiegt schliesslich die Wirkung der Kationen die der Anionen, und es tritt Koagulation ein.

Diese kritische Fällungskonzentration (Schwellenwert) ist sehr verschieden. Im Falle eines stark koagulierenden Kations, schwach dispergierenden Anions, wie z. B. Bariumchlorid, kann sie schon bei einer Normalität von 0,002 Fällung bewirken, während bei einem schwach koagulierenden Kation und stark dispergierenden Anion, wie z. B. Schwefelsäure, eine fast 5-normale Schwellenkonzentration erforderlich ist. Da bei Vermehrung der Elektrolytenkonzentration die Kationen- und Anionenkonzentrationen in gleicher Weise zunehmen und bei allen Elektrolyten schliesslich die koagulierende Wirkung der Kationen überwiegt, so folgt daraus, dass sich die Wirkung der Ionen nicht einfach rein additiv und proportional den vorhandenen Ionenmengen ausdrücken lässt.

Einige Beispiele mögen zunächst das hier Gesagte erläutern, ohne dass in diesem Abschnitt auf die quantitativen Verhältnisse näher eingegangen werden soll. Es wurde gefunden, dass sich nachstehende Elektrolyten gemäss ihrer koagulierenden Wirkung folgendermassen anordnen lassen:



Wird nun zu einem amikroskopischen Sol von einer Chlorkaliumlösung so lange zugetröpfelt, bis Trübung infolge Koagulation stattfindet, und dann ein wenig Chlorwasserstoffsäure zugesetzt, so verschwindet die Trübung sofort, und man muss noch mehr Chlorkalium zusetzen, um Koagulation hervorzurufen. Ein nochmaliger Chlorwasserstoffzusatz bringt die Trübung wieder zum Verschwinden u. s. f.

Dass die geringe Verdünnung des Koagulators durch den Zusatz des Wassers der Chlorwasserstoffsäure in diesem Falle keine Einwirkung ausübt, wurde stets durch Kontrollversuche mit Zusatz reinen Wassers, wobei die Trübung nicht verschwindet, geprüft. Man kann so fortfahren, bis schliesslich die Konzentration der beiden Kationen K^+ und H^+ einen solchen Wert erreicht hat, der trotz der Vermehrung der Anionen Koagulation hervorruft (bei etwa 0,13-norm. KCl und 1,3-

norm. HCl). Aber es ist durchaus nicht nötig, durch Vermehrung der K^+ -Ionen die Koagulation zustandekommen zu lassen, sondern es genügt, die Chlorwasserstoffkonzentration selbst noch weiter über diejenige Konzentration hinaus zu steigern, welche die Auflösung der durch KCl hervorgerufenen Koagulationstrübung bewirkte, dann wird schliesslich (bei ca. 2,5-normaler HCl) die Konzentration der H^+ -Ionen genügen, um das Sol zu koagulieren.

Dass es nicht, wie man anfangs vermuten könnte, die Wasserstoffionen der zugesetzten Säure sind, welche diese Aufhebung der hervorgebrachten Koagulation bewirken, geht daraus hervor, dass auch durch

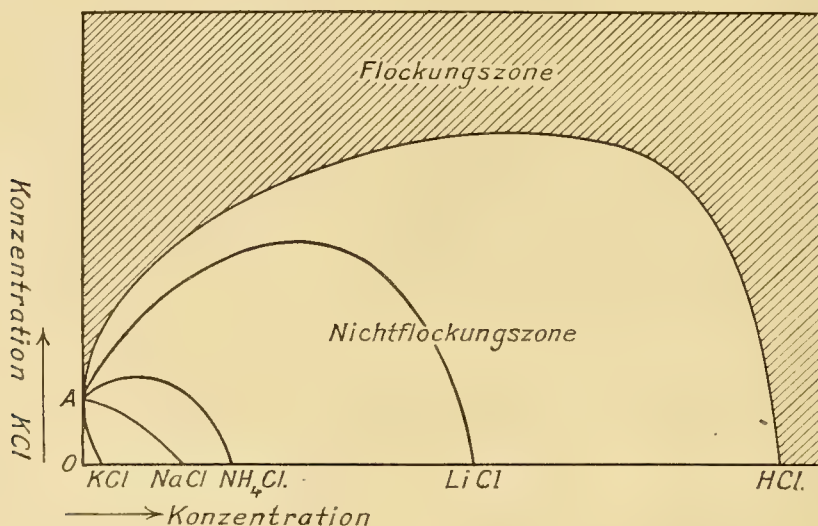


Fig. 10.

Die Koagulationswirkungen von Salzgemischen.

Zusatz von Lithiumchlorid oder sogar Chlorammonium, deren Kationen relativ schwach wirken, zuerst eine dispergierende Wirkung auf die durch Chlorkalium hervorgerufene Trübung ausgeübt wird, worauf dann bei gesteigerter Konzentration eine Koagulierung eintritt. Es ist jedoch die »Nichtflockungszone« bei diesen Salzzusätzen sehr vermindert worden.

Wir sehen somit aus dem Gesagten, dass es bei Mischungen verschiedener Salze ein gewisses Konzentrationsgebiet gibt (kleinere Konzentrationen), wo die Wirkung der Anionen überwiegt, ein anderes (grössere Konzentrationen), wo die Kationenwirkung vorherrscht. Das hier geschilderte Beispiel ist so gewählt, dass sich die Wirkungen der Ionen

auf einander, Zurückdrängung der Ionisation, Bildung neuer Verbindungen u. s. w. nur sehr schwach bemerkbar machen, bzw. nicht stattfinden.

Die Verhältnisse lassen sich durch die Figur 10 veranschaulichen, welche jedoch nur ganz schematisch gezeichnet ist und nur als Erläuterung dienen soll.¹

Als Ordinaten sind hier die zur Koagulation nötigen Chlorkaliumkonzentrationen abgetragen, als Abszissen die Zusätze verschiedener Elektrolyte. Ohne Zusatz erfolgt die Koagulation bei der Chlorkaliumkonzentration A , und die Kurve $A-HCl$ gibt die Veränderung des Schwellenwertes bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure an, welche letztere an und für sich bei der der Abszisse $O-HCl$ entsprechenden Konzentration koagulierend wirkt. Die zwei Komponenten KCl und HCl teilen somit das Gebiet in eine »Flockungszone« und eine »Nichtflockungszone« ein. Die Wirkungen der anderen Elektrolytzusätze sind durch die anderen Kurven wiedergegeben und zeigen im Vergleich mit der Kurve für HCl einen Zuwachs der Flockungszone an. Zu bemerken ist, dass die Zusätze von Chlornatrium stets eine Verminderung der kritischen Koagulationskonzentration des Chlorkaliums hervorbringen, und dass hier die verminderte Kationenwirkung nur dadurch zum Ausdruck kommt, dass die Neigung der Kurve weniger steil ist, als dies bei Chlorkalium der Fall ist. Gleichzeitig mag jedoch hier bemerkt werden, dass zur vollständigen Koagulation die Erreichung der kritischen Koagulationskonzentration (Schwellenwert), nicht hinreichend ist, wie im folgenden Abschnitt dargelegt werden soll, und dass die hier geschilderten Verhältnisse nur ein beiläufiges Bild von der relativen Einwirkung der Ionen bei der Koagulation geben sollen. Ferner ist zu bemerken, dass die »Schwellenwerte«, wie schon vorher im Kapitel III (S. 55 ff.) angegeben wurde, von dem Dispersitätsgrad des Sols abhängig sind und mit Abnahme desselben kleiner ausfallen, was in der schematischen Figur durch ein Zusammenschrumpfen der Nichtflockungszone nach O hin zum Ausdruck kommen sollte, wobei sich jedoch die Abszissen weit schneller als die Ordinaten vermindern würden.²

* *

*

¹ Über die Messungen vgl. Abschnitt 4 dieses Kapitels.

² Vgl. Abschnitt 5 dieses Kapitels, Tab. 55.

Da die Koagulation durch die Kationen hervorgerufen wird, so könnte man vermuten, dass die Kationen sich mit den Schwefelteilchen verbinden und als Koagulum zu Boden sinken würden, wobei eine entsprechende H^+ -Ionenkonzentration frei werden und die überstehende Flüssigkeit eine saure Reaktion zeigen würde. Um dies zu untersuchen, wurde ein neutral reagierendes amikroskopisches Sol mit einem grossen Überschuss einer reinen, neutral reagierenden Chlornatriumlösung versetzt, das Koagulum durch Zentrifugieren abgetrennt und dann die überstehende Flüssigkeit gegen Indikatoren geprüft, wobei es sich zeigte, dass innerhalb der Empfindlichkeit der Indikator (es wurden Lackmus, Methylorange und äusserst schwach gerötetes Phenolphthalein verwendet) keine Veränderung der neutralen Reaktion bemerkt werden konnte.

Es mag hier eine kleine Rechnung eingeschaltet werden, um die Genauigkeit einer solchen Messung am vorliegenden Kolloid zu veranschaulichen und zu zeigen, dass der Austausch von Ionen nicht als völlig ausgeschlossen zu betrachten ist.

Es sei ein amikroskopisches Sol mit 100 g Schwefel pro Liter angenommen, welches durch Chlornatrium koaguliert wird, und des weiteren angenommen, dass jedes Teilchen ein Wasserstoffion beim Übergang zum Koagulum abgibt. Nehmen wir an, dass das Sol durchschnittlich aus Teilchen mit dem Radius $10 \mu\mu$ besteht, so lässt sich leicht ausrechnen, welche Normalität der Wasserstoffionen in der Flüssigkeit entstehen wird. Die Rechnung geht ja darauf aus, die Normalität des vorhandenen kolloiden Schwefels zu bestimmen.

Bezeichnet n die Zahl der Teilchen pro Liter, d die Dichte derselben, so erhält man:

$$n = \frac{100}{\frac{4}{3} \pi (10^{-6})^3 \cdot d}.$$

Dividiert man n durch die AVOGADRO'sche Konstante N (= Zahl der Moleküle im Grammmolekül), so erhält man den gesuchten Wert der Normalität, x ,

$$x = \frac{n}{N} = \frac{100}{\frac{4}{3} \pi (10^{-6})^3 \cdot d \cdot N},$$

und setzt man d gleich 2 und N gleich $6 \cdot 10^{23}$ und führt die Rechnung aus, so erhält man:

$$x = 0,000019 \text{ normal.}$$

Solche kleine H^+ -Ionenkonzentrationen lassen sich aber nicht mehr analytisch durch Indikatoren nachweisen, und auch wenn wir von mehr dispersen Solen und grösseren Konzentrationen ausgehen, bleiben die etwa entstehenden Säurekonzentrationen sehr gering, sofern wir nicht annehmen, dass durch jedes Teilchen eine grössere Menge Wasserstoffionen in Freiheit gesetzt werde. Auf diese Frage wird im Abschnitt 14 näher eingegangen werden. Hier mag nur festgestellt werden, dass das Auftreten von H^+ -Ionen bei der Koagulation analytisch nicht nachgewiesen werden kann, dies darf aber auch nicht als ein sicherer Beweis gegen einen solchen Austausch überhaupt angesehen werden.

* *

Eine andere Frage, welche näher untersucht wurde, war die Feststellung der Reversibilität des Koagulationsvorgangs. Äusserlich ergibt sich ja, dass, wenn der Koagulator entfernt und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt wird, das wieder entstandene Sol dem ursprünglichen gleich ist. Es könnte jedoch eintreffen, dass die Koagulation eine Dispersitätsveränderung hervorgerufen, diese Dispersitätsverminderung sich aber der Beobachtung entzogen hätte und nur durch wiederholtes Koagulieren und nachherige Auflösung hervorträte. Mit amikroskopischen Solen ausgeführte Versuche ergaben, dass auch nach zehnmaliger Koagulation weder eine Veränderung des amikroskopischen Lichtkegels, noch eine etwaige andere Veränderung wahrgenommen werden konnte.

Da indessen die Möglichkeit von Veränderungen, welche zu klein sind, um sich ultramikroskopisch wahrnehmen zu lassen, innerhalb des amikroskopischen Grössengebietes hier vorliegen könnte, wurden auch Koagulationen mit solchen Solen, welche submikroskopisch sichtbare Teilchen enthielten, vorgenommen.

Die Versuche wurden so ausgeführt, dass von den Solen ein abgemessenes Volumen, 20 ccm, vom Gehalt 1 0,0 in ein Zentrifugierrohr gebracht und mit Chlornatrium als Koagulator in genügender Konzen-

tration versetzt wurde, so dass eine vollständige Koagulation erfolgte, was durch ultramikroskopische Untersuchung der über dem Koagulum

Tab. 34.

Schwefelhydrosol Fr. (0,12—0,10).

Die Verdünnung betrug $\frac{1}{1000}$ g Schwefel pro 100 ccm Sol.

Das Sol war von Amikronen völlig frei.

Koagulation.	Teilchenzahl pro 384 μ^3	Zahl der Einzelbeobachtungen.	Berechneter Teilchendurchmesser in $\mu\mu$	Koagulationskonzentration des Natrium-Chlorids.
0	2,54 $\pm$ 0,06	500	113,0	—
1	2,55 $\pm$ 0,08	300	112,8	0,2-normal
2	2,52 $\pm$ 0,07	300	113,3	» »
3	2,53 $\pm$ 0,05	300	113,1	» »

M: 2,54

M: 113,1

Tab. 35.

Die Verdünnung betrug $\frac{1}{400}$ g Schwefel pro 100 ccm Sol.

Das Sol war mit amikroskopischem Sol versetzt.

Koagulation.	Teilchenzahl pro 384 μ^3	Zahl der Einzelbeobachtungen.	Koagulationskonzentration des Natrium-Chlorids.
0	2,33 $\pm$ 0,03	500	—
1	2,32 $\pm$ 0,06	300	0,2-normal
2	2,36 $\pm$ 0,09	300	» »
3	2,44 $\pm$ 0,09	300	» »
4	2,22 $\pm$ 0,05	300	» »
5	2,36 $\pm$ 0,05	300	0,5 »
6	2,36 $\pm$ 0,06	300	» »
7	2,33 $\pm$ 0,05	300	1 »
8	2,18 $\pm$ 0,07	300	3 »

M: 2,32

stehenden Lösung festgestellt werden konnte. Danach wurde durch intensives Zentrifugieren das Koagulum als Bodensatz abgetrennt, durch erneutes Zentrifugieren so gut wie möglich von anhaftender Lösung befreit und

dann vorsichtig mit dem ursprünglichen Volumen reinen Wassers versetzt, wobei wieder ein Sol erhalten wird. Von diesem Sol wurde 1 ccm abpipettiert und durch Verdünnung auf gewünschte Konzentration gebracht, wonach die ultramikroskopische Auszählung vorgenommen wurde.

Das aufs neue vollständig koagulierte Sol wurde dann mit 19 ccm reinen Wassers versetzt, 1 ccm zur Auszählung abpipettiert u. s. f. Die Resultate finden sich in Tab. 34 und Tab. 35 angegeben.

Als Ultramikroskop wurde das Spaltultramikroskop verwendet, wobei als Beleuchtung Bogenlicht, als Okular Huygens Nr. 4, als Objektiv Zeiss D* (Wasserimmersion) verwendet wurde. Bei sorgfältiger Regulierung der Lichtquelle gelingt es, eine sehr gute Übereinstimmung bei verschiedenen Beobachtungsreihen desselben Soles zu erhalten. Die grösste Fehlerquelle bei den Teilchengrössenbestimmungen liegt vielleicht darin, dass man bei verschiedenen Versuchen den Spalt nicht mit völliger Genauigkeit auf dieselbe Breite einstellen kann. Um diesen Fehler zu eliminieren, wurden zwei auf gewöhnliche Weise montierte Spalte benutzt, wovon der eine zu Einjustierungen u. s. w. verwendet wurde, der andere während der ganzen Untersuchung fest auf eine konstante Breite eingestellt blieb, welche einer Tiefe des Lichtkegels von $2\ \mu$ entsprach. Der erste Spalt wurde bei den Auszählungen stets gegen diesen Spalt mit konstanter Breite ausgewechselt. Die verwendete Okularblende entsprach bei der verwendeten Vergrösserung einem quadratischen Querschnitt von $192\ \mu^2$, so dass das abgegrenzte Flüssigkeitsvolumen $384\ \mu^3$ ausmachte.

Der mittlere Fehler des Mittelwertes, M , wurde nach der gewöhnlichen Formel¹:

$$\bar{M} = \pm \sqrt{\frac{\sum A^2}{n(n-1)}}$$

berechnet.

Betrachten wir nun die in obigen Tabellen zusammengestellten Resultate, so ergibt sich deutlich, dass bei diesen reversiblen Koagulationen die Teilchenzahl keine innerhalb der Versuchsfehler bemerkbare Veränderung aufweist, was die Annahme sehr wahrscheinlich macht, dass bei den reversiblen Koagulationen die einzelnen Teilchen

¹ KOHLRAUSCH: Lehrbuch d. praktischen Physik (10. Aufl., Leipzig u. Berlin 1905), S. 2. Vgl. auch G. WIEGNER: Koll. Beihefte 2, 219 ff. (1911).

sich auch im Koagulum als individuelle Teilchen vorfinden und keine Verschmelzung erfahren.

Bemerkenswert ist in dieser Hinsicht, dass bei dem sowohl aus Amikronen als aus Submikronen bestehenden Sol (Tab. 35) die Amikronen und Submikronen bei der Koagulation einander nicht in irreversibler Weise zu beeinflussen scheinen und die Submikronenzahl sich auch hier als völlig konstant erweist.

2.

Salzbindungsvermögen des Koagulums.

Dass der Koagulator vom Koagulum gebunden wird, ist schon bei der Koagulation des Arsentrisulfids von E. LINDER und H. PICTON¹ beobachtet und nachher vielfach bestätigt worden. Die Bestimmung dieser Salzbindung geschah im allgemeinen durch Analyse des gewaschenen Koagulums, in Fällen aber, wo es sich, wie hier, um eine reversible Koagulation handelt, kann dieser Weg nicht eingeschlagen werden. Bestimmt man einfach den Gehalt an Koagulator im Koagulum durch Auspressung desselben und durch Analyse des Rückstandes, so erhält man zwar für vergleichende Zwecke recht brauchbare Resultate; die einzelnen Bestimmungen werden jedoch dadurch zu hoch, da man eine vollständige Entfernung des den Koagulator enthaltenden Dispersionsmittels nicht durchführen kann.

Es wurde daher zur Feststellung des Salzbindungsvermögens des Koagulums während der Koagulation ein anderer Weg eingeschlagen. In einem bekannten Volumen des Sols, dessen Schwefel- und Chlornatriumkonzentration bestimmt war, wurde durch Zusatz von bestimmten Volumina Chlornatriumlösungen bekannten Gehaltes eine Koagulation verursacht, und nach jedem Zusatz der Salzlösung wurde, sobald das Koagulum zu Boden gesunken war, durch Analysen der Schwefel- und Chlornatriumgehalt in der über dem Koagulum stehenden Lösung festgestellt. Bei Kenntnis der absoluten Menge des Chlornatriums und des Volumens der Lösung kann man den Salzgehalt berechnen, welcher bestände, wenn kein Salz vom Koagulum mitgerissen würde. Nun ist die gefundene Salzmenge stets kleiner als die auf diese Weise

¹ Solution and pseudo-solution. Part. II. Some physical properties of arsenious sulphide and other solutions; Journ. Chem. Soc. **67**, 63 (1895).

berechnete, und aus der Differenz dieser Zahlen lässt sich die vom Koagulum gebundene Salzmenge berechnen. Es wurde dabei gefunden, dass für ein *gleichkörniges* Sol während der ganzen Koagulation eine dem Schwefelgehalt des entstandenen Koagulums *proportionale* Salzmenge gebunden wird. Da die zu Analysen entnommenen und beim Salzzusatz zugesetzten Wassermengen berücksichtigt werden müssen, gestalten sich diese Berechnungen etwas umständlich, und da eben infolge dieses Umstandes die Fehlerquellen ziemlich gross werden, soll hier das Beobachtungsmaterial dieser Versuchsreihe nicht wieder gegeben werden.

Dagegen mag über diejenigen Versuche, welche von mir zur genaueren Prüfung der Richtigkeit der gefundenen Proportionalität zwischen der Schwefelmenge und der Salzmenge im Koagulum angestellt wurden, hier näher berichtet werden.

Um Versuchsfehler beim Zusatz der Volumina der Salzlösungen zu vermeiden, wurde auf einmal soviel Chlornatrium zugesetzt, dass eine bedeutende Koagulation stattfand, und es wurden die Menge des vorhandenen Koagulums und somit auch die Salz- und Schwefelkonzentrationen des über dem Koagulum stehenden Sols dadurch variiert, dass die Temperatur verändert wurde. Es löst sich nämlich das Koagulum bei Temperatursteigerung teilweise wieder in Sol auf, und wie von THE SVEDBERG [60] gezeigt wurde, ist dieser Vorgang völlig reversibel, so dass bei Verminderung der Temperatur das Koagulum wieder ausfällt.

Betrachten wir nun das System zuerst bei einer so niedrigen Temperatur, dass sich die ganze Schwefelmenge als Koagulum auf dem Boden befindet, und setzen wir die von der Gewichtseinheit Koagulum gebundene Salzmenge gleich β . Die Aufgabe ist hier, festzustellen, ob β eine Konstante ist. Wenn bei der Temperatursteigerung eine gewisse Menge des Koagulums in Solzustand übergeht, so muss solchenfalls auch der Salzgehalt einen der Vermehrung des Schwefelgehalts proportionalen Zuwachs zeigen, m. a. W. der Salzgehalt des Sols bei der Auflösung des Koagulums muss sich als eine lineare Funktion des in jedem Moment vorhandenen Schwefelgehaltes ausdrücken lassen.

Bezeichnet A die Salzkonzentration des reinen Dispersionsmittels, also die Konzentration der Flüssigkeit beim Schwefelgehalt gleich Null (der ganze Schwefel als Koagulum), so gibt ein zwecks Konzentra-

tionsbestimmung entnommenes Volumen bei der Analyse die Salzkonzentration A an. Wird nun durch Temperatursteigerung eine gewisse Menge Koagulum in den Solzustand übergeführt, so müssen wir auf das Volumen der Schwefelteilchen Rücksicht nehmen, und zwar gibt die Analyse, auch wenn kein dem Koagulum entstammendes Salz aufgelöst wurde, nicht den Wert A an, sondern A wird dadurch vermindert, dass in dem für die Konzentrationsbestimmung entnommenen Volumen ein Teil des Dispersionsmittels durch Schwefelteilchen ersetzt ist. Ist nun die Konzentration des Schwefels S g pro 100 ccm Sol, und setzen wir das spezifische Gewicht des Schwefels der Einfachheit halber gleich 2, so würde die Analyse den Wert $A \cdot \left(\frac{100 - S/2}{100} \right)$ geben, falls kein Salz vom Koagulum abgegeben wurde.

Es kommt nun jedoch die gleichzeitig mit den Schwefelteilchen der Flüssigkeit zugeführte Salzmenge, laut Annahme βS , hinzu, so dass wir, wenn y den durch Analysen erhaltenen Chlornatriumgehalt bedeutet, die Gleichung bekommen:

$$y = A \left(\frac{100 - S/2}{100} \right) + \beta S$$

oder

$$y = A + \left(\beta - \frac{A}{200} \right) S.$$

Nun ist in allen Versuchen dieser Serie A konstant, und die Gleichung erhält die einfachere Form:

$$y = A + \alpha \cdot S$$

wo

$$\alpha = \beta - \frac{A}{200}$$

oder

$$\beta = \alpha + \frac{A}{200}.$$

Ein kleiner Fehler wird dadurch verursacht, dass die zwecks Analyse entnommenen Volumina im Anfang ärmer an Schwefel und Salz sind als die gegen Ende abpipettierten, wodurch die Zusammensetzung des Totalsystems nicht völlig konstant bleibt; wenn das Totalvolumen, wie es hier der Fall war, ziemlich gross (100 — 200 ccm) gegenüber den Analysenvolumina (1 ccm) ist, kann dieser Fehler ausser Betracht gelassen werden.

Anstatt die Veränderungen der Schwefel- und Chlornatriumkonzentration bei der Auflösung des Koagulums zu verfolgen, kann man zweckmässiger den umgekehrten Vorgang: die Koagulation bei Temperaturabnahme, untersuchen und gewinnt dadurch den Vorteil, dass die Untersuchungsserie schneller zu Ende geführt werden kann, da die Auflösung des Koagulums langsamer verläuft als die Sedimentation des sich ausscheidenden Koagulums.

In den Tab. 36—39 sind einige mit einem ziemlich gleichkörnigen Sol, Fr. (0,24—0,20), angestellte Versuche mitgeteilt, welche bei verschiedenen Werten der freien Chlornatriumkonzentration, A , ausgeführt worden waren. Über jeder Tabelle sind die bei der Berechnung von y gemäss der Gleichung: $y = A + \alpha S$ verwendeten α -Werte an-

Tab. 36.

Gleichkörniges Sol Fr. (0,24—0,20) + Chlornatrium.

$$A = 0,50$$

$$\alpha = 0,0378$$

$$\beta = 0,0403.$$

Temperatur in C-Graden.	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden.	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
18	9,81	0,85	0,87	+ 0,02
3	5,31	0,71	0,70	— 0,01
0	1,88	0,57	0,57	± 0
7,0	0,17	0,50	0,51	+ 0,01

gegeben, welche als Mittel aus den Einzelbeobachtungen berechnet sind. Durch Vergleich der Werte y_{gefunden} und $y_{\text{berechnet}}$ ergibt sich die Richtigkeit der verwendeten Formel.

Es sind in den Tabellen auch die A -Werte (in g pro 100 ccm) sowie die Werte von β angegeben. Die ersteren sind dadurch graphisch bestimmt, dass die Chlornatriumwerte als Abszissen, die Schwefelwerte als Ordinaten auf einem Koordinatenpapier abgetragen und sodann durch die erhaltenen Punkte eine Gerade gezogen wurde. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Abszissenachse gibt den Wert von A an. Die β -Werte sind gemäss der oben angegebenen Gleichung

$$\beta = \alpha + \frac{A}{200} \text{ berechnet worden.}$$

Es geht aus diesen Tabellen 36—39, in denen trotz der Verschiedenheit der freien Chlornatriumkonzentration bei den Versuchen β sich konstant zeigt, hervor, dass für ein gleichkörniges Sol mit unverändertem Dispersitätsgrad erstens die von der Gewichtseinheit Schwefel gebundene Menge des Koagulators, β , während der Koagulation konstant ist, zweitens dass dieselbe Grösse vom Gehalt des Dispersionsmittels an Koagulator unabhängig ist.

Tab. 37.

Gleichkörniges Sol Fr. (0,24—0,20) + Chlornatrium.

$A = 0,94$

$\alpha = 0,0328$

$\beta = 0,0375.$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
15	10,91	1,31	1,30	— 0,01
11	6,13	1,14	1,14	± 0
6	1,12	0,96	0,98	+ 0,02
1,2	2,08	0,95	0,94	— 0,01

Tab. 38.

Gleichkörniges Sol Fr. (0,24—0,20) + Chlornatrium.

$A = 2,00$

$\alpha = 0,0272$

$\beta = 0,0372.$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
50,1	16,18	2,43	2,44	+ 0,01
44	15,30	2,39	2,41	+ 0,02
38	13,08	2,37	2,36	— 0,01
31	6,41	2,18	2,17	— 0,01
25	0,95	2,02	2,03	+ 0,01
13	0,03	2,02	2,00	— 0,02

Tab. 39.

Gleichkörniges Sol Fr. (0,24—0,20) + Chlornatrium.

$A = 2,06$

$\alpha = 0,0267$

$\beta = 0,0370.$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
>40	12,28	2,40	2,39	— 0,01
39	11,52	2,36	2,37	+ 0,01
30	4,42	2,20	2,18	— 0,02
25	0,98	2,09	2,09	± 0
20	0,20	2,05	2,07	+ 0,02
12	0,05	2,06	2,06	± 0
—	—	—	—	—
25	0,94	2,08	2,09	+ 0,01
30	3,93	2,12	2,17	+ 0,05
34	7,61	2,30	2,26	— 0,04

Es bleibt danach übrig, zu untersuchen, inwieweit der Dispersitätsgrad des Sols das Salzbindungsvermögen des Koagulum beeinflusst.

Zu diesem Zweck wurden zwei andere, ebenfalls gleichkörnige Sole in derselben Weise, wie eben beschrieben, untersucht, und zwar eine sehr hoch disperse Fr. (0,35—0,30) und eine deutlich submikroskopische Fraktion (0,10—0,08).

Tab. 40.

Amikroskopisches Sol Fr. (0,35—0,30) + Chlornatrium.

$A = 2,06$

$\alpha = 0,0610$

$\beta = 0,0722.$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
24	15,52	3,08	3,04	— 0,04
21,6	14,37	2,96	2,95	— 0,01
19	10,74	2,69	2,72	+ 0,03
13,1	2,99	2,23	2,25	+ 0,05

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in den Tabellen 40 und 41 zusammengestellt.

Es zeigte sich, dass die β -Werte und somit das Salzbindungsvermögen des Koagulums mit dem Dispersitätsgrad abnimmt, dass aber die Formel auch bei submikroskopischen Solen, welche von ziemlich gleichkörniger (monodisperser) Beschaffenheit sind, gültig ist, d. h. dass bei der Koagulation auch hier eine konstante Salzmenge vom Gewichtseinheit Koagulum gebunden wird.

Tab. 41.

Submikroskopisches Sol Fr. (0,10—0,08) + Chlornatrium.

$A = 0,59$

$\alpha = 0,0249$

$\beta = 0,0279.$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
17,5	22,23	1,14	1,15	+ 0,01
17	14,00	0,93	0,93	± 0
14,9	1,53	0,62	0,63	+ 0,01
11,5	0,05	0,60	0,59	- 0,01
10	0,01	0,60	0,59	- 0,01

Aus dem ungleichen Bindungsvermögen von Teilchen verschiedener Grösse folgt dagegen unmittelbar, dass während der stetig verlaufenden Koagulation eines ungleichkörnigen (polydispersen) Sol die von der Gewichtseinheit Koagulum gebundene Salzmenge nicht konstant ist.

Denn wenn wir die durch Temperaturverminderung hervorgerufene Salzkoagulation betrachten¹, so koagulieren anfänglich die grössten Teilchen² und binden pro Gewichtseinheit Schwefel eine für sie charakteristische Menge des Koagulators, im weiteren Verlauf koagulieren die kleineren, wobei eine etwas grössere Salzmenge gebunden wird, und so fort, bis schliesslich am Ende der Koagulation, falls überhaupt

¹ Das Gleiche gilt natürlich von der durch Salzvermehrung bei Konstanthalten der Temperatur bewirkten Koagulation.

² Vgl. S. 63 sowie Abschn. 5 u. 8. dieses Kapitels.

die Konzentration A genügend gross war, die allerkleinsten Teilchen koagulieren und dabei im Vergleich mit den grössten Teilchen pro Gewichtseinheit Schwefel eine sogar doppelte Gewichtsmenge Koagulator binden können.

Der direkte Versuch bestätigte diesen Schluss vollauf und zeigte, dass ein ungleichkörniges Sol, welches zum Koagulieren gebracht wurde, im Anfangsstadium der Koagulation viel weniger Koagulator bindet als gegen das Ende hin.

Tab. 42.

Polydisperses Sol, sowohl aus Amikronen als Submikronen bestehend, + Chlornatrium. Die Formel ist nicht gültig.

$$A^* = 1,17. \text{ Mittelwert von } \alpha = 0,0717.$$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
40	16,30	2,03	2,34	+ 0,31
38,5	16,22	2,03	2,33	+ 0,30
34,3	12,99	1,99	2,10	+ 0,11
34,0	11,46	1,96	1,99	+ 0,03
30	9,86	1,92	1,85	− 0,07
20	9,45	1,91	1,84	− 0,07
17,4	9,25	1,90	1,83	− 0,07
15,6	9,11	1,91	1,82	− 0,09
ca. 10	9,00	1,90	1,82	− 0,08
9,5	8,57	1,92	1,78	− 0,14
7	6,51	1,79	1,64	− 0,15
4,6	4,24	1,58	1,47	− 0,11

Die Ergebnisse sind in Tab. 42 wiedergegeben und zeigen, dass, wenn man wie bei den vorigen Solen den Mittelwert von β bestimmt und die Formel zu verwenden versucht, die Fehler sehr gross werden und insofern einen deutlichen Gang zeigen, als die berechneten Chlornatriumwerte anfangs viel höher, gegen das Ende viel zu niedrig als die beobachteten sind, was mit obigen Betrachtungen im Einklang steht.

* A ist hier nicht durch graphische Extrapolation des ganzen Gebiets, sondern nur aus den letzten vier Werten entnommen.

Da, wie schon erwähnt, die Gegenwart einer starken Säure auf die Koagulation einen deutlichen Einfluss ausübt, so wurde auch das Salzbindungsvermögen des Koagulums in Gegenwart von Chlorwasserstoffsäure untersucht.

Zunächst deutet schon das Aussehen des Koagulums darauf hin, dass die Schwefelteilchen hier ausser von dem eigentlichen Koagulator (welcher ja, um Koagulation hervorrufen zu können, bei Gegenwart der Säure in viel grösserer Konzentration vorhanden sein muss) etwas von der Säure binden. Falls nur Chlornatrium vorhanden ist, hat das Koagulum ein weisses Aussehen und ist bei Zimmertemperatur von halbfester Beschaffenheit, in Gegenwart der Säure dagegen ist sein Aussehen mehr gelblich, und es ist fast flüssig, etwa wie erwärmtes Vaseline.

Es wurde auch direkt gefunden, dass das Koagulum einen grösseren Säuregrad als die überstehende Flüssigkeit aufwies, und dass somit in diesem Falle neben Chlornatrium auch Chlorwasserstoff gebunden wurde.

Eine Frage, welche sich hier aufdrängt, ist die, in welcher Weise die Bindung des Chlornatriums durch die Gegenwart der Salzsäure modifiziert wird; ob die Bindung des Chlorwasserstoffs etwa »verdrängend« auf die Bindung des Chlornatriums einwirkt, oder ob die zur Koagulation nötige Erhöhung des Chlornatriumgehaltes auch eine gesteigerte Bindung desselben zur Folge hat.

Um dies zu entscheiden, wurde ein amikroskopisches Sol in zwei gleiche Volumina geteilt und der eine Teil mit Chlorwasserstoff bis zur Konzentration 0,407-normal versetzt. Die beiden Sole wurden dann ziemlich vollständig mit Chlornatrium koaguliert, so dass die freie Chlornatriumkonzentration 1,63 g pro ccm in dem säurefreien und 2,45 g pro ccm in dem sauren Sol betrug, wonach die Systeme gleichzeitig Temperaturvariation ausgesetzt und in vorher beschriebener Weise untersucht wurden. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen 43 und 44 zusammengestellt.

Da β in dem säurehaltigen Sol bedeutend geringer als in dem säurefreien Sol ist, zeigen die Versuche somit, dass bei Gegenwart der Säure die vom Koagulum gebundene Salzmenge sehr verringert wird.

Es liegt hier ja ein grosses Untersuchungsgebiet vor, nämlich die wechselseitige Einwirkung der verschiedenen Säuren und Salze in Bezug

Tab. 43.

Amikroskopisches Sol Fr. (0,25—0,20) + Chlornatrium ohne Säurezusatz

$$A = 1,63$$

$$\alpha = 0,0351$$

$$\beta = 0,0433.$$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
40,4	13,07	2,05	2,08	+ 0,03
34,1	11,55	2,03	2,03	± 0
32	9,52	1,93	1,95	+ 0,02
29	9,11	1,91	1,94	+ 0,03
24,7	5,42	1,86	1,82	— 0,04
18,5	0,73	1,68	1,66	— 0,02
14,6	0,13	1,63	1,63	± 0
8	0,01	1,65	1,63	+ 0,02

Tab. 44.

Amikroskopisches Sol Fr. (0,25—0,20) — Chlornatrium in Gegenwart einer Chlorwasserstoffkonzentration von 0,407-Normalität.

$$A = 2,45$$

$$\alpha = 0,0105$$

$$\beta = 0,0228.$$

Temperatur in C-Graden	Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 ccm Sol gefunden	NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol		Differenz NaCl berechnet-gefunden
		gefunden	berechnet	
40,4	13,23	2,61	2,59	— 0,02
34	12,77	2,60	2,58	— 0,02
32	11,06	2,54	2,57	+ 0,03
29	10,24	2,54	2,56	+ 0,02
18,5	4,98	2,50	2,50	± 0
14,6	2,26	2,49	2,48	— 0,01
10	0,84	2,47	2,46	— 0,01
8	0,62	2,44	2,45	+ 0,01

auf ihre Bindung durch das Koagulum mittelst dieser Methode zu erforschen; die Bearbeitung desselben wurde jedoch hier nicht vorgenommen.

Indessen habe ich durch Analysen von mittelst verschiedener Salze erhaltenen Koagula eine von W. R. WHITNEY und J. E. OBER¹ an Arsentrisulfidsolen gefundene Regelmässigkeit in Bezug auf die Bindung verschiedener Kationen, wonach *äquivalente* Mengen derselben gebunden werden sollten, auch hier für das Schwefelhydrosol bestätigt gefunden.

Aus oben angeführten Gründen sind zwar die Analysen der Koagula weniger geeignet, die Zusammensetzung des Koagulums während des Verlaufs der Koagulation zu bestimmen, da durch mechanische Beimengung von koagulierender Kristalloidlösung die erhaltenen Salzmengen stets zu hoch ausfallen. Zum Vergleich der gebundenen Salzmengen verschiedener Koagulatoren können die direkten Analysen der Koagula jedoch brauchbar sein.

Es wurde zu einer solchen Untersuchung ein ziemlich hochdisperses Sol, Fr. (—0,30), verwendet, welches durch mehrmalige Koagulation mit Chlorwasserstoffsäure in vorher beschriebener Weise von vorhandenen Salzen völlig befreit, und in welchen der Überschuss der Säure durch Dialyse grösstenteils entfernt wurde, so dass eine Probe nach Eindunstung und folgender Verbrennung des Schwefels keinen wägbaren Rückstand ergab.

Von diesem Sol wurden sechs gleiche Teile in ein Zentrifugierrohr von ca. 200 ccm Rauminhalt gebracht und mit Wasser verdünnt. Sodann wurde von den verschiedenen koagulierenden Salzlösungen vorsichtig zugetröpfelt, bis sich ein Koagulum ausschied, wobei soweit wie möglich vermieden wurde, den Koagulator in höherer Konzentration, als zur Ausscheidung des Koagulums nötig war, zuzusetzen.

Es erfolgte dann eine kräftige Zentrifugierung der Flüssigkeit, um das Koagulum abzutrennen, und dann, nach wiederholtem Zentrifugieren des Koagulums, eine Auspressung desselben zur Entfernung der anhaftenden Flüssigkeit. Die Koagula wurden dann in Quarzschälchen gebracht und analysiert.

¹ The precipitation of colloids by electrolytes; Journ. Americ. Chem. Soc. **23**, 842—863 (1902). Zeitschr. f. physikal. Chemie **39**, 630—634 (1902).

Die Ergebnisse finden sich in Tab. 45 wiedergegeben.

Die letzte Kolumne der Tabelle zeigt an, dass die Salze in *äquivalenten* Mengen von der Gewichtseinheit Koagulum gebunden werden. Dass der Wert für Eisen kleiner als für die übrigen ist, dürfte seine Ursache darin haben, dass hier die Koagulation ganz oder teilweise durch das vorhandene kolloide Eisenoxyd zustande kommt.

Tab. 45.

Analysen von Koagula, welche durch Elektrolytzusatz zum Schwefelhydrosol entstanden sind.

Elektrolyt	Analysen		Gramm Salz- chlorid pro 100 Gramm Schwefel	Zahl der Kationen-Äquiva- lenten pro 1000 g Schwefel
	Schwefel Gramm	Salzchlorid Gramm		
NaCl	0,1974	0,0216	10,94	1,9
KCl	0,2935	0,0410	13,97	1,9
RbCl	0,2745	0,0557	20,29	1,7
CsCl	0,2327	0,0823	35,37	2,1
BaCl ₂	0,3153	0,0591	18,75	1,8
FeCl ₃	0,2860	0,0105*	3,59*	1,4

3.

Quantitativer Verlauf der Koagulation unter Verwendung von Chlornatrium als Koagulator.

Da die Koagulation mit Chlornatrium völlig reversibel verläuft, lässt sie sich folgendermassen schreiben:

Schwefelhydrosol + NaCl $\rightleftharpoons$ Koagulum + Dispersionsmittel
oder vielleicht richtiger, unter Weglassung des Dispersionsmittels:
disperse Schwefelteilchen + NaCl $\rightleftharpoons$ NaCl-haltiges Schwefelkoagulum.

Mit Rücksicht darauf, dass das Gleichgewicht ziemlich schnell eintritt und bei vorsichtigem Zusatz des Koagulators die Koagulation

* Bei Eisen kommt die Koagulation wahrscheinlich durch das vorhandene kolloide Fe₂O₃ zustande, und es wurde hier der Eisengehalt nicht in Form von Chlorid, sondern als Fe₂O₃ eingeführt.



leicht so verlaufen kann, dass man nur eine unvollständige Koagulation erhält, welche allmählich, je mehr vom Koagulator zugesetzt wird, desto vollständiger verläuft, schien die Annahme sehr nahe zu liegen, dass sich auf dieses Gleichgewicht das Gesetz der chemischen Massenwirkung anwenden lässt, wobei das chlornatriumhaltige Koagulum sich gewissermassen als eine chemische Verbindung auffassen liesse. Dafür sprachen auch die Befunde des vorigen Abschnitts, da ja das Koagulum konstante Salzmengen bindet und somit eine gewisse Ähnlichkeit mit einer chemischen Verbindung zeigt.

Genauere Versuche haben jedoch ergeben, dass diese Auffassung, wenigstens nicht unmittelbar, richtig ist.

Es geht dies besonders deutlich daraus hervor, dass man, wenn man die Konzentration der Schwefelteilchen vermehrt, nicht die Koagulation durch einen geringeren Chlornatriumgehalt zustande bringen kann, sondern auch die Salzkonzentration *vermehrten* muss.

So erfordern z. B. gewisse Sole mit bestimmtem und bei den verschiedenen Konzentrationen konstantem Dispersitätsgrad mit einem Gehalt von 1 g Schwefel pro 100 ccm Sol eine Salzkonzentration von ca. 2,4 %, zehnmal so konzentrierte ca. 3 % und fünfzigmal so konzentrierte ca. 5,8 % an Chlornatrium, um zu koagulieren. Dagegen ist in diesen Fällen die freie Chlornatriumkonzentration oder derjenige Chlornatriumgehalt, welcher im Dispersionsmittel besteht, wenn wir uns die bei der Koagulation gebundenen Salzmengen schon im Solzustand an die Schwefelteilchen gebunden vorstellen¹ (somit die absolute, um die bei der Koagulation gebundene vermindert), fast dieselbe. Wenn wir auch nichts über den Exponenten des Massenwirkungsgesetzes im vorliegenden Falle wissen können, würde das Massenwirkungsgesetz doch hier eine Verminderung statt einer Vermehrung der Salzkonzentration erfordern, und es kann daher nicht auf das vorliegende Gleichgewicht als solches verwendet werden.

In scheinbarem Widerspruch zu obigen Befunden stehen die von mir [64] ausgeführten Versuche über den Einfluss der Verdünnung der Sole auf den zum sichtbaren Auftreten einer Trübung erforderlichen Zusatz einer Chlorkaliumlösung. Zu diesen Versuchen wurden gewisse Volumina eines Sols mit 1,56 Proz. Schwefel mit bestimmten Mengen Wasser verdünnt, und es wurde dann von einer 0,2-normalen

¹ Vgl. auch Anm. 2 auf S. 110.

Chlorkaliumlösung schnell bis zur sichtbaren Trübung zugetröpfelt. Die Resultate sind in folgender Tabelle 46 wiedergegeben, sowie graphisch in Fig. 11 dargestellt.

Diese Versuche zeigten, dass auf einem Konzentrationsgebiet zwischen 1,36—0,3 Proz. Schwefel nur eine schwach merkbare Vermehrung der Chlorkaliumkonzentration zur schnellen Ausflockung erforderlich war, dass dagegen bei *sehr* kleinen Schwefelkonzentrationen die Schwellenwerte des Koagulators wachsen. Bei den geschilderten Versuchen ist es indessen nicht die zur Erreichung eines vollständigen

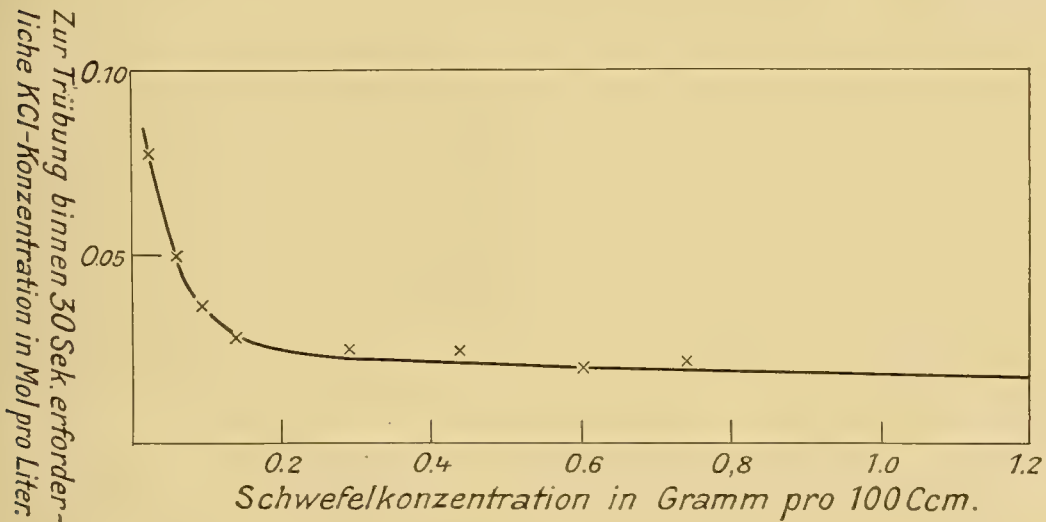


Fig. 11.

Veränderung der momentanen Trübungskonzentration bei verschiedenem Schwefelgehalt des Sols.

Gleichgewichts erforderliche Salzkonzentration, welche in Frage kommt, sondern es handelt sich um eine schnell hervortretende Opaleszenz, welche nach beendigtem Salzzusatz mehr und mehr zunimmt, um schliesslich in ein stabiles Gleichgewicht zwischen Koagulum und Salzlösung überzugehen. Zum Hervorrufen dieser schnell auftretenden Opaleszenz bedarf es einer gewissen Überschreitung der Schwellenkonzentration, und es ist leicht verständlich, dass bei den verdünnten Solen, wo die Teilchen mehr von einander entfernt sind und der Zusammenstoss der Teilchen weniger häufig ist, die Geschwindigkeit der Koagulation bei derselben Konzentration des Koagulators kleiner sein muss als bei den mehr konzentrierten, wo die Teilchen häufiger an-

Tab. 46.
Veränderung der momentanen Trübungskonzentration bei verschiedenem Schwefelgehalts des Sols.

Zugesetztes Volumen des Sols cem » » Wasser cem	0,2 7,8	0,5 8,5	0,7 8,3	1 8,0	2 7,0	3 6,0	4 5,0	5 4,0	9 —
Zur Trübung erforderliches Volumen der KCl-Lösung cem	5	3	2	1,5	1,3	1,3	1,0	1,1	0,9
Totalvolumen der Flüssigkeit beim Erscheinen der Trübung cem	13	12	11	10,5	10,3	10,3	10	10,1	9,9
Schwefelkonzentration in Gramm pro 100 cem Sol	0,022	0,063	0,095	0,143	0,291	0,437	0,600	0,743	1,364
Die zur Trübung erforderliche KCl-Konzentration in Normalität	0,077	0,050	0,036	0,029	0,025	0,025	0,020	0,022	0,018

Die verwendete KCl-Lösung war 0,2-normal.

Das Schwefelhydrosol enthielt 1,56 g Schwefel, < 0,3 g NaCl pro 100 cem.

einanderprallen. Um die Koagulation wie hier in der gleichen Zeit hervorzurufen, muss aber im ersten Falle eine grössere Menge des Koagulators zugesetzt werden, weshalb die durch diese Methode gewonnenen Schwellenwerte für die verdünnteren Sole grösser ausfallen als für die konzentrierteren¹.

* *

*

Obgleich das Massenwirkungsgesetz auf die Salzkoagulation nicht direkt angewendet werden konnte, schien es jedoch von Interesse, eine nähere Untersuchung der quantitativen Verhältnisse bei der Koagulation auszuführen.

Es soll zuerst über die mit einem ziemlich ungleichkörnigen amikroskopischen Sol ausgeführten Messungen berichtet werden.

Ein bekanntes Volumen, 100 ccm, des Sols wurde in einer dünnwandigen Glasflasche mit eingeschliffenem Stöpsel während der Versuche in einem auf 16,6°—16,7° gehaltenen, grossen Thermostat aufbewahrt. Dieses Sol wurde mit bestimmten Chlornatriummengen versetzt. Um nicht durch Zusatz von Chlornatriumlösung und dadurch bedingte Vermehrung des Dispersionsmittels allzu viele Korrekturen einführen zu müssen, wurde der Koagulator in fester Form zugesetzt, wobei nach jedesmaligem Zusatz die gut verschlossene Flasche aus dem Thermostat herausgenommen und bei gelinder Erwärmung gut durchgeschüttelt wurde, bis alles Salz völlig gelöst war und keine von Koagulum umgebenen Salzkörnchen mehr vorhanden waren. Es wurde hierbei soweit erwärmt, dass das Koagulum selbst völlig aufgelöst wurde und sich erst nach Einführen in den Thermostat ausschied. Hierauf wurde die Flasche wieder in den Thermostat gesetzt und dort mehrere Stunden aufbewahrt, bis das Gleichgewicht völlig eingetreten war, was dadurch ersichtlich wird, dass das über dem Koagulum stehende Sol klar aussieht und keine Schlieren von nicht abgesetztem Koagulum enthält. Es wurde dann zwecks Analyse 1 ccm vom Sol abpipettiert und darauf eine neue Salzmenge zugesetzt u. s. w. Aus den Analysen findet man die Gleichgewichtskonzentration des Sols bei gegebenem Chlornatriumgehalt des Systems.

¹ Vgl. auch S. 57 sowie S. 147.

Bei Kenntnis des Volumens des Systems in jedem Moment kann man diejenige Salzkonzentration berechnen, welche entstehen würde, wenn keine Bindung von Chlornatrium seitens des Koagulums stattfinden würde, und durch Vergleich mit dem Gefundenen die jedesmal gebundene Salzmenge berechnen. Man muss hier den durch die abpipettierten Analysenvolumina verursachten Veränderungen des Sols an Schwefel- und Chlornatriumgehalt Rechnung tragen und beim Berechnen der zugesetzten Salzmenge entsprechende Korrekturen einführen. Gleichzeitig geben die Schwefelanalysen die Verminderungen des Schwefelgehalts an. Durch Abtragen der zusammengehörenden Werte der Verluste an Salz und Schwefel auf einem Koordinatenpapier erhält man je nach der mehr oder weniger monodispersen Beschaffenheit des Sols eine mehr oder weniger gerade Linie, woraus sich der mittlere Wert des Salzbindungsvermögens des Koagulums graphisch bestimmen lässt. Die ziemlich grossen Versuchsfehler machen jedoch, wie schon erwähnt, diese Bestimmung ziemlich unsicher, so dass sie der im Abschnitt 2 beschriebenen nachsteht. Es wurde für das vorhandene Sol der Wert 0,07 g Chlornatrium, vom Gramm Schwefel gebunden, als Mittelwert benutzt.¹

In Tab. 47 finden wir die Resultate der Messungen. Die erste Kolumne enthält die totale Salzmenge des Systemes, wobei die absoluten Werte auf das Volumen 100 ccm umgerechnet sind. Die zweite und die dritte Kolumne enthalten die Analysenresultate und die letzte die berechneten, freien Chlornatriumkonzentrationen, welche entstanden sein würden, wenn das Salz, welches bei der Koagulation von den Schwefelteilchen gebunden wird, schon im Sol gebunden gedacht wird.

Der besseren Übersicht wegen sind in den Fig. 11 und 12 die Koagulationskurven gezeichnet, wobei in beiden Figuren als Ordinate die Gleichgewichtskonzentration des Schwefels, als Abszissen in der

¹ Streng genommen sollten wir, da es sich nicht um ein völlig gleichkörniges Sol handelt, keinen Mittelwert für das Salzbindungsvermögen des Koagulums verwenden, sondern im Anfang die kleineren, gegen Ende die grösseren β -Werte benutzen. In der weiter unten besprochenen Fig. 12 würde, wenn dies berücksichtigt wird, dadurch eine Verschiebung sämtlicher Punkte des oberen Astes ein wenig nach rechts, der des unteren Astes nach links bedingt werden. Die Deutung der Kurve wird jedoch durch die hier vorgenommene Vereinfachung nicht beeinflusst. Besonders in Tab. 48, wo es sich um ein fast gleichkörniges Sol handelt, ist diese Korrektur sehr geringfügig.

Fig. 11 (Kurve 1) der absolute Chlornatriumgehalt, in der Fig. 12 (Kurve I) der freie Chlornatriumgehalt, der dem Schwefelgehalt der Ordinate entspricht, abgetragen sind. Die Kurven zeigen eine regelmässige S-förmige Gestalt, und wenn man für die Kurve 1 den oberen Teil derselben ausser Rechnung lässt, kann für den unteren Ast die Gleichgewichtskonzentration des Schwefels, S , durch eine Exponentialgleichung $S \cdot n^a = \text{Konst.}$ ausgedrückt werden, wo n die vorhandene Menge des Koagulators und a eine Konstante bedeutet. Da dieselbe sich jedoch nicht für das ganze Gebiet verwenden lässt und keine Bedeutung zu besitzen scheint, sondern nur das gute Anpassungsvermögen des Exponentialgesetzes illustriert, soll sie hier nicht verwendet werden.

Tab. 47.

Quantitativer Verlauf der Koagulation eines ziemlich ungleichkörnigen Sols mit Chlornatrium. Temperatur: $16,65^{\circ} \pm 0,10$.

Absolute NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm	Analysen		Freie NaCl-Konzentration (berechnet)	
	Schwefel in Gramm pro 100 ccm Sol	NaCl in Gramm pro 100 ccm Sol	in Gramm pro 100 ccm Sol	in Normalität
(1,76)*	(17,55)	(1,76)	(0,53)	(0,091)
2,51	17,25	2,30	1,09	0,187
2,55	17,24	2,35	1,14	0,195
2,84	15,72	2,63	1,53	0,262
3,04	14,50	2,75	1,73	0,296
3,12	12,93	2,87	1,97	0,337
3,15	11,34	2,87	2,07	0,354
3,25	8,51	2,66	2,07	0,354
3,34	5,81	2,48	2,08	0,356
3,46	3,64	2,43	2,23	0,381
3,58	2,49	2,51	2,34	0,400
3,65	1,88	2,62	2,49	0,426
3,84	1,43	2,70	2,60	0,445
4,16	0,64	3,05	3,01	0,515

* Hier noch keine Koagulation, daher kein Gleichgewicht vorhanden.

Die Kurve 1 (Fig. 12), welche die freie Chlornatriumkonzentration betrifft, behält die regelmässige S-förmige Gestalt und ist besonders dadurch charakteristisch, dass sie im Wendepunkt eine lange Strecke *völlig senkrecht* abfällt.

Es wurde auch ein zweites Sol, welches mehr gleichkörnig war, in eben derselben Weise untersucht (Tab. 48). Dieses Sol war auch etwas höher dispers und das mittlere Salzbindungsvermögen auf ca. 0,08 g Chlornatrium pro Gramm Schwefel bestimmt. Die Versuchstemperatur war hier $15,3^0$ — $15,4^0$. Die entsprechenden Kurven 2 und II finden sich in denselben Figuren 11 und 12 wieder. Man bemerkt bei diesem Sol, dass die Koagulation grösstenteils zwischen den Normalitäten 0,36—0,42 verläuft und die Kurve während des grössten Teils einen fast senkrechten Verlauf zeigt. Für diesen Teil der Koagulationskurven wird alles zugesetzte Salz von dem Koagulum gebunden und die freie Chlornatriumkonzentration nicht gesteigert. Die Ausbuchtungen am Anfang und Ende sind dadurch bedingt, dass dort die gröberen und die kleineren Teilchen koagulieren. Diese Verhältnisse werden durch Fig. 12 am besten illustriert.

Tab. 48.

Quantitativer Verlauf der Koagulation eines mehr gleichkörnigen Sols mit Chlornatrium. Die Temperatur $15,35^0 \pm 0,10$.

Absolute NaCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm	Analysen		Freie NaCl-Konzentration (berechnet)	
	Schwefel in Gramm pro 100 ccm Sol	NaCl in Gramm pro 100 ccm Sol	in Gramm pro 100 ccm Sol	in Normalität
6,30	60,6	6,30	1,45	0,248
6,39	59,9	6,30	1,51	0,258
6,56	53,4	6,37	2,10	0,359
6,89	10,70	3,92	2,36	0,404
6,96	6,14	2,86	2,37	0,405
7,04	4,10	2,80	2,47	0,423
7,20	2,56	2,79	2,59	0,443
7,52	0,90	2,96	2,91	0,498

Fassen wir somit die quantitativen Verhältnisse bei der Koagulation kurz zusammen, so ergibt sich, dass für den idealen Fall eines völlig gleichkörnigen Sols die Koagulation bei einem bestimmten Wert

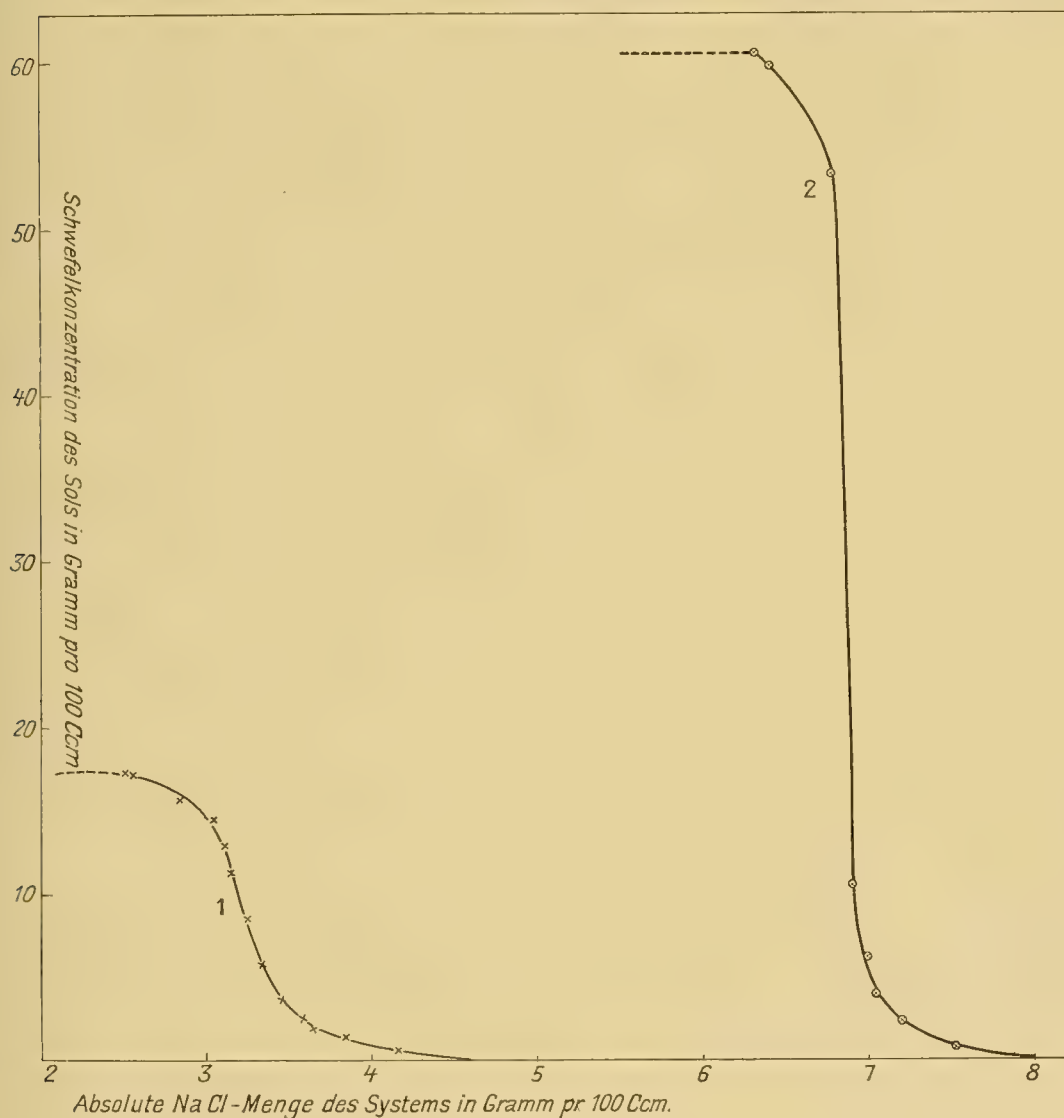


Fig. 12.

Quantitativer Verlauf der Koagulation amikroskopischer Schwefelhydrosole. der freien Konzentration des Koagulators beginnt. Wenn sich aber ein wenig Koagulum gebildet hat und dabei Salz gebunden und folglich die Konzentration des Koagulators durch die Koagulation selbst vermindert

wird, hört die Bildung von Koagulationsflocken bald auf, bis neue Mengen des Koagulators hinzugefügt werden.

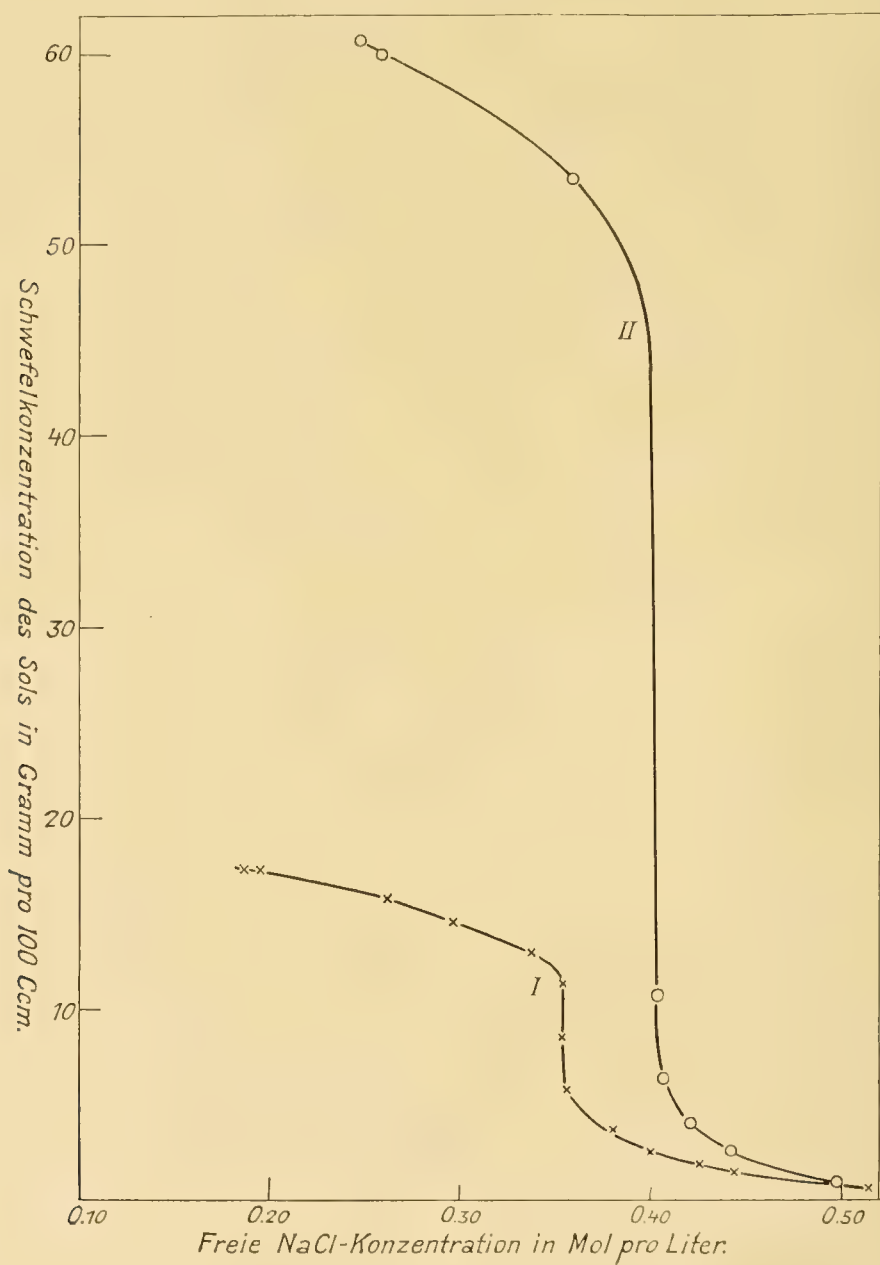


Fig. 13.

Quantitativer Verlauf der Koagulation amikroskopischer Schwefelhydrosole.

Die Kurve sollte daher in diesem idealen Fall wahrscheinlich bei einer bestimmten freien NaCl-Konzentration völlig senkrecht verlaufen.

Die notwendige Bedingung für die Koagulation ist somit, dass der Koagulator eine gewisse Schwellenkonzentration erreicht hat; das Zustandekommen der Koagulation erfordert jedoch, dass der Koagulator in der Masse, wie er vom Koagulum gebunden und daher verbraucht wird, durch neuen Zusatz immer wieder ersetzt wird, so dass die Konzentration stets ein wenig höher als der Schwellenwert bleibt.

Bei den meisten Solen ist die disperse Phase jedoch nicht aus gleichgrossen Teilchen zusammengesetzt, und es werden zuerst die grössten Teilchen ihren Schwellenwert erreichen, später dann die kleineren. Der Schwellenwert verschiebt sich daher während der Koagulation stets nach grösseren Werten. Da wir bei Darstellung der Sole im allgemeinen Teilchen einer gewissen Grösse im Überschuss erhalten, welche von kleineren und grösseren begleitet sind, so erhalten wir bei den diesen Teilchen entsprechenden Schwellenwert, die quantitativ am meisten vorherrschende Koagulation mit dem steilen Abfall der Kurve und bekommen im allgemeinen jene charakteristischen S-förmigen Kurven.

Obwohl dies im grossen und ganzen den Verlauf bei der Koagulation der Sole darstellt, muss jedoch hervorgehoben werden, dass beim Erreichen des Schwellenwertes einer gewissen Teilchengrösse, wobei jene und nur jene Teilchen koagulieren sollten, dies nicht streng gemäss obiger Darstellung der Fall ist. Das Koagulum besteht zwar in der Hauptsache aus jenen Teilchen, aber es bleiben oft kleine Mengen von denselben in der Flüssigkeit zurück, während andere von kleinerer Grösse mitkoagulieren.

Zum Verständnis scheint es zweckmässig, den dynamischen Charakter des Koagulationsverlaufs im Auge zu behalten. Wenn nämlich die Elektrolytkonzentration den Schwellenwert einer gewissen Teilchengrösse erreicht hat und diese Teilchen in grosser Menge zu Koagulationsklümpchen zusammentreten, ist es ja einleuchtend, dass auch solche Teilchen, welche kleiner sind, sich aber in der Nähe eines in Anhäufung befindlichen Koagulationsklümpchens befinden, rein mechanisch mit eingeschlossen werden und daher in das Koagulum geraten.

Andrerseits können vereinzelte Teilchen, welche keine Gelegenheit fanden, sich mit den Koagulationsaggregaten der Teilchen von derselben Grösse zu vereinigen, eine zeitlang in der Flüssigkeit schwebend bleiben, und da jetzt die Flüssigkeit sehr arm an solchen Teilchen ist, kann es ziemlich lange dauern, bis sich diese Teilchen zu so grossen Aggregaten zusammenschliessen, dass Sedimentation eintritt.

In diesem Zusammenhang möge auch auf die Möglichkeit einer Adsorption der kleinsten Amikronen durch das Koagulum der grösseren Submikronen als Adsorbens hingewiesen werden.

4.

Quantitative Versuche über die dispergierenden Wirkungen der Anionen.

Es wurde oben (Abschnitt 1) angegeben, dass wir durch die Vermehrung der Konzentration eines Elektrolyts, dessen Anion stark schützend und dessen Kation relativ schwach koagulierend wirkt, die Stabilität eines Sols einem anderen Elektrolyten mit stark koagulierender Wirkung des Kations gegenüber ganz beträchtlich erhöhen können, dass aber schliesslich, da wir ja nicht imstande sind, nur Anionen hinzuzufügen, die Summe der koagulierenden Kationenwirkungen immer über die der dispergierenden Anionenwirkungen überwiegt. Es wurde gefunden, dass innerhalb eines gewissen Konzentrationsgebietes sowohl Lithiumchlorid als auch Chlorammonium eine solche Schutzwirkung gegen die Koagulation durch Chlorkalium hervorrufen, dass es aber vorzugsweise die Säuren, wie Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure, sind, bei welchen wir die schützende Wirkung besonders gut ausgeprägt finden.

Im folgenden sollen einige Messungen über diese schützende Wirkung der Säuren Erwähnung finden.

Es wurden zwei Fälle besonders untersucht. Erstens wurde bei konstanter Konzentration des einen koagulierenden Elektrolyten, hier Chlornatrium, welches ohne Säurezusatz total koaguliert hatte, durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure in wachsenden Mengen mehr und mehr Koagulum in Solzustand gebracht. Zweitens wurden durch Zusatz von verschiedenen Säuren in wachsenden Mengen die Sole gegen

den Koagulator, hier Chlorkalium, mehr und mehr stabil gemacht, und es wurde die verschiedene Stabilität durch Messen der zur Ausflockung nötigen Schwellenkonzentration des Koagulators bestimmt.

Bei der ersten Versuchsreihe wurde dasselbe Sol, welches bei den in Tab. 47 erwähnten Versuchen benutzt wurde, untersucht und bei einer Temperatur von 16° mit Chlornatrium versetzt, so dass die absolute Menge desselben 3,27 g, auf 100 ccm des Systems berechnet, ausmachte, wobei eine fast vollständige Koagulation stattfand. Dieses System, im Thermostat bei $16^{\circ} \pm 0,10$ aufbewahrt, wurde nun mit wachsenden Mengen Chlorwasserstoffsäure versetzt und die zu Analysen entnommenen Volumina ersetzt, so dass das Totalvolumen des Systems konstant blieb.¹ Nach jedem Säurezusatz wurde die gut verschlossene Flasche herausgenommen, unter Schütteln erwärmt, bis sich das Koagulum gelöst, und dann wieder in den Thermostat gebracht, bis sich Gleichgewicht eingestellt hatte, worauf das über dem Koagulum stehende Sol analysiert wurde.

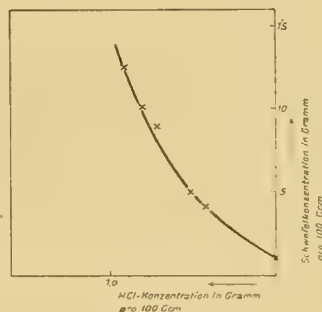


Fig. 14.

Quantitativer Verlauf der Einwirkung von HCl auf das System: Schwefelhydrosol + NaCl.

Tab. 49.

Einwirkung der Chlorwasserstoffsäure auf das System
Schwefelhydrosol + 3,27 Proz. Chlornatrium bei 16° .

Absolute HCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm.	Analysen.	
	Schwefel in Gramm pro 100 ccm Sol.	NaCl in Gramm pro 100 ccm Sol.
0	0,94	2,44
0,425	4,11	2,69
0,523	4,83	2,76
0,722	8,88	3,09
0,817	10,04	3,06
0,912	12,48	3,27

¹ Dadurch, dass die abpipettierte Volumina anfangs schwefelärmer sind als gegen Ende, entstehen kleine Versuchsfehler, welche jedoch von geringer Bedeutung sind.

Die Ergebnisse zeigen Tab. 49 und graphisch Fig. 14. in der die Ordinaten den Schwefelgehalt des Sols und die Abszissen den totalen Chlorwasserstoffgehalt des Systems bedeuten.

Die Kurve ähnelt dem unteren Teil der Kurve 1 in Fig. 12. Wenn wir die letztere Kurve betrachten und uns den Koagulator mehr und mehr entfernt denken, so gelangen wir von rechts nach links längs der Kurve zu einem immer grösser werdenden Schwefelgehalt in dem über dem Koagulum befindlichen Sol. Denken wir uns diesen Vorgang stattdessen, bei konstantem Chlornatriumgehalt, durch Zugabe von Chlorwasserstoff bewirkt, wodurch die Schwellenwerte der Teilchen vergrössert werden, so haben wir den Vorgang der Figur 14 vor uns, und wir können eine Ähnlichkeit dieser zwei Vorgänge vermuten, wie dies auch aus dem Verlauf der zwei Kurven hervorgeht. Die zwei Kurven sind in derselben Skala gezeichnet.

* *

Um die Abhängigkeit des Schwellenwertes für Chlorkalium als Koagulator von dem Gehalt der Sole an Säure zu bestimmen, wurden folgende fünf Versuchsreihen, Tab. 50 bis 54, mit verschiedenen Säuren ausgeführt.

Die Versuchstechnik war in allen Versuchen die folgende:

Von einem amikroskopischen Sol mit Schwefelgehalt 1,5 g und Chlornatriumgehalt 0,64 g pro 100 ccm Sol wurden 5 ccm in ein Reagenstrohr von ca. 2 ccm innerer Weite gebracht, dann abgemessene Volumina der Säure zugesetzt und darauf mit Wasser verdünnt, um die Probe auf ungefähr dasselbe Volumen (ca. 10 ccm) zu bringen.

Die einer Reihe angehörenden Proben wurden sodann eine halbe Stunde lang in Ruhe gelassen und dann die Chlorkaliumlösung unter tüchtigem Durchschütteln des Reagenstrohrs aus einer mit Klammer versehenen, in 0,02 ccm eingeteilten Pipette tropfenweise zugesetzt, bis eine eintretende Trübung als Kriterium der beginnenden Ausflockung beobachtet werden konnte. Infolge Bekanntseins des Totalvolumens des Sols im Trübungsmoment lassen sich bei Kenntnis der zugesetzten Menge von Säure und Koagulator die entsprechenden Konzentrationen berechnen.

Durch geeignete Vorversuche wurde der annähernde Wert der Schwellenkonzentration bestimmt, um bei den eigentlichen Versuchen das Zutropfen sich in ca. 30 Sekunden vollziehen zu lassen.

Tab. 50.
Verschiebung des Schwellenwertes durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure.

$\beta = 0,54$ $A = 1,0$

Zugesetztes Volumen HCl ccm	0	0,3	0,5	1	2	3	4	5	2 konz.	6	7	3 konz.	3,5 konz.	4 konz.	5 konz.
Zugesetzte Menge HCl in Gramm	0	0,049	0,082	0,163	0,326	0,489	0,652	0,815	0,886	0,978	1,141	1,329	1,551	1,772	2,215
HCl-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol	0	0,391	0,644	1,273	2,151	3,569	4,529	5,927	6,467	7,113	8,390	10,107	12,113	14,008	18,009
» » in Centimol pro Liter	0	10,73	17,68	34,94	67,25	97,90	124,26	162,60	177,43	195,13	230,2	277,3	332,3	384,3	494
Totalvolumen des Sols im Trübungsmoment ccm	12,10	12,50	12,65	12,80	13,30	13,70	13,80	13,75	13,70	13,65	13,50	13,15	12,80	12,65	12,30
Zur Trübung zugetröpfeltes Volumen KCl-Lösung ccm	0,10	0,50	0,65	0,80	1,30	1,70	1,80	1,75	1,70	1,65	1,50	1,15	0,80	0,65	0,30
Zugesetzte KCl-Menge in Gramm	0,0075	0,0373	0,0485	0,0597	0,0950	0,1268	0,1343	0,1306	0,1268	0,1231	0,1119	0,0858	0,0597	0,0485	0,0224
Schwellenwert des KCl in Gramm pro 100 ccm	0,061	0,264	0,383	0,166	0,729	0,926	0,973	0,949	0,926	0,902	0,829	0,652	0,466	0,383	0,182
» » in Centimol pro Liter; gefundener Wert	0,83	3,53	5,14	6,25	9,77	12,41	13,04	12,72	12,41	12,12	11,11	8,75	6,25	5,14	2,44
» » » in Centimol pro Liter; nach der Formel berechneter Wert	—	3,60	4,72	6,81	9,70	11,89	13,52	[15,63]	—	—	—	—	—	—	—
Differenz: Gefunden-Berechnet	—	-0,07	+0,42	-0,56	+0,07	+0,52	-0,48	[-2,91]	—	—	—	—	—	—	—

Die verwendete KCl-Lösung war 1,00-normal, d. h. 0,0746 g KCl pro ccm.

» » Chlorwasserstoffsäure enthielt 0,163 g HCl pro ccm, spez. Gew. 1,075.

» » konz. » » 0,443 » » » » spez. Gew. 1,19.

Tab. 51.
Verschiebung des Schwellenwertes durch Zusatz von Schwefelsäure.

$\beta = 0,534$ $A = 1,88$

Zugesetztes Volumen H ₂ SO ₄ ccm	0	0,5	1	2	3	3	4	5	6	7	0,91konz.	1,10konz.	1,30konz.	1,71konz.	2 konz.	2 konz.	2 konz.	2,5 konz.	2,0 konz.
Zugesetzte Menge H ₂ SO ₄ in Gramm	0	0,119	0,239	0,478	0,717	0,717	0,956	1,195	1,434	1,673	1,601	1,935	2,287	3,008	3,518	3,518	3,518	4,398	3,618
H ₂ SO ₄ -Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol	0	0,937	1,811	3,476	5,085	5,950	6,526	7,993	9,373	10,656	12,035	15,604	18,148	22,787	26,652	26,855	38,660	48,861	50,02
» » in Centimol pro Liter	0	9,56	18,46	35,44	51,84	60,66	66,53	81,49	95,55	108,63	122,71	159,10	185,01	232,31	271,70	273,78	394,12	498,10	512,40
Totalvolumen des Sols im Trübungsmoment ccm	12,10	12,70	13,20	13,75	14,10	12,05	11,5	14,95	15,30	15,70	13,30	12,40	12,60	13,20	13,20	13,10	9,10	9,00	7,00
Zur Trübung zugetröpfeltes Volumen KCl-Lösung ccm	0,10	0,70	1,20	1,75	2,10	2,05	2,65	2,95	3,30	3,70	3,20	3,30	3,60	4,10	4,20	4,10	2,10	1,00	0
Zugesetzte KCl-Menge in Gramm	0,0075	0,0522	0,0895	0,1306	0,1567	0,1529	0,1978	0,2201	0,2462	0,2761	0,2387	0,2462	0,2685	0,3059	0,3133	0,3059	0,1567	0,0746	0
Schwellenwert des KCl in Gramm pro 100 ccm	0,061	0,411	0,678	0,949	1,111	1,269	1,349	1,472	1,609	1,758	1,795	1,990	2,131	2,317	2,374	2,428	1,722	0,829	0
» » in Centimol pro Liter; gefundener Wert	0,83	5,51	9,09	12,73	14,89	17,01	18,09	19,73	21,57	23,57	24,06	26,61	28,57	31,06	31,81	31,30	23,08	11,11	0
» » » nach der Formel berechneter Wert	—	6,27	8,92	12,64	15,48	16,84	17,69	19,71	21,45	22,98	24,52	28,17	30,54	[34,48]	[37,49]	—	—	—	—
Differenz: Gefunden-Berechnet	—	-0,76	+0,17	+0,09	-0,59	+0,17	+0,40	+0,02	+0,12	+0,59	-0,46	-1,56	-1,97	[-3,42]	[-5,68]	—	—	—	—

Die verwendete KCl-Lösung war 1,00-normal, d. h. 0,0746 g KCl pro ccm.

» » Schwefelsäure enthielt 0,239 g H₂SO₄ pro ccm, spez. Gew. 1,15.

» » konz. » » 1,759 » » » » » » 1,84.

Tab. 52.
Verschiebung des Schwellenwertes durch Zusatz von Salpetersäure.
 $\beta = 0,68$ $A = 1,0$

Zugesetztes Volumen HNO_3 ccm	0	0,4	0,8	1	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,5	4	5	1 konz.	6	1,5 konz.	2 konz.	2,5 konz.
Zugesetzte Menge HNO_3 in Gramm	0	0,104	0,209	0,261	0,469	0,522	0,626	0,653	0,731	0,783	0,914	1,044	1,305	0,914	1,566	1,371	1,828	2,285
HNO_3 -Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol	0	0,866	1,747	1,955	3,392	3,625	3,940	4,307	4,625	5,185	5,374	8,488	7,909	9,423	9,975	11,331	16,771	24,053
» » Centimol pro Liter	0	13,75	27,73	31,02	53,83	57,52	62,51	68,34	73,40	82,28	85,27	134,68	125,50	149,52	158,28	179,80	266,12	381,6
Totalvolumen des Sols im Trübungsmoment ccm	12,10	12,05	11,95	13,35	13,85	14,40	15,90	15,15	15,80	15,10	17,00	12,30	16,50	9,70	15,70	12,10	10,90	9,5
Zur Trübung zugetröpfeltes Volumen KCl-Lösung ccm	0,10	0,65	1,15	1,35	2,05	2,40	2,50	2,65	3,00	3,10	3,50	3,30	4,50	2,70	4,70	3,60	2,90	0
Zugesetzte KCl-Menge in Gramm	0,0075	0,0485	0,0858	0,1007	0,1529	0,1790	0,1865	0,1977	0,2238	0,2313	0,2611	0,2462	0,3357	0,2014	0,3506	0,2686	0,2163	0
Schwellenwert des KCl in Gramm pro 100 ccm	0,061	0,402	0,718	0,754	0,104	1,243	1,173	1,305	1,417	1,532	1,536	2,001	2,035	2,080	2,233	2,220	1,985	0
» » » Centimol pro Liter; gefundener Wert	0,83	5,42	9,62	10,09	14,80	16,67	15,72	17,49	18,99	20,53	20,59	26,83	27,27	27,84	29,94	29,75	26,61	0
» » » » nach der Formel berechneter Wert	—	5,94	9,58	10,33	15,03	15,73	15,97	17,68	18,57	20,06	20,56	28,05	26,74	[30,12]	[31,30]	—	—	—
Differenz: Gefunden-Berechnet	—	0,52	+ 0,04	- 0,24	- 0,23	- 0,94	- 0,25	- 0,19	+ 0,42	+ 0,47	+ 0,03	- 1,22	+ 0,53	[- 2,28]	[- 1,36]	—	—	—

Die verwendete KCl-Lösung war 1,00-normal, d. h. 0,746 g KCl pro ccm.
 » » Salpetersäure enthielt 0,261 g HNO_3 pro ccm.
 » » konz. » » 0,914 » » » spez. Gew. 1,40.

Tab. 53.
Verschiebung des Schwellenwertes durch Zusatz von Bromwasserstoffsäure.
 $\beta = 0,39$ $A = 2,0$

Zugesetztes Volumen HBr in ccm	0	0,1	0,2	0,5	0,8	1,05	1,10	1,20	1,35	1,50	1,70
Zugesetzte Menge HBr in Gramm	0	0,071	0,143	0,357	0,571	0,749	0,785	0,857	0,964	1,071	1,214
HBr-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol	0	0,618	1,210	2,867	4,376	5,539	5,795	6,345	7,112	8,705	9,988
» » » Centimol pro Liter	0	7,64	14,95	35,42	54,07	66,44	71,60	78,40	87,88	107,56	,
Totalvolumen des Sols im Trübungsmoment ccm	11,15	11,55	11,80	12,45	13,05	13,45	13,55	13,50	13,55	12,30	12,15
Zur Trübung zugetröpfeltes Volumen KCl-Lösung ccm	0,15	0,45	0,60	0,95	1,25	1,40	1,45	1,30	1,20	0,80	0,45
Zugesetzte KCl-Menge in Gramm	0,0112	0,0336	0,0448	0,0709	0,0932	0,1044	0,1082	0,0970	0,0895	0,0597	0,0336
Schwellenwert des KCl in Gramm pro 100 ccm	0,101	0,291	0,379	0,569	0,715	0,777	0,798	0,718	0,661	0,465	0,276
» » » Centimol pro Liter; gefundener Wert	1,34	3,90	5,09	7,63	9,62	10,41	10,70	9,63	8,86	6,51	3,70
» » » » nach der Formel berechneter Wert	—	4,42	5,74	8,04	9,48	10,30	10,58	—	—	—	—
Differenz: Gefunden-Berechnet	—	- 0,52	- 0,65	- 0,41	+ 0,14	+ 0,11	+ 0,12	—	—	—	—

Die verwendete KCl-Lösung war 1,00-normal, d. h. 0,746 g KCl pro ccm.
 » » Bromwasserstoffsäure enthielt 0,718 g HBr pro ccm, spez. Gew. 1,49.

Wird der Zusatz langsamer ausgeführt, so wird das Eintreten der Trübung weniger scharf und die einzelnen Resultate weniger gut vergleichbar, weshalb stets angestrebt wurde, die Salzlösung während derselben Zeit, 30 Sek., zusetzen zu können. Auch die Versuchstemperatur einer Serie war die gleiche, 18° — 19° C, und bei den verschiedenen Serien nur wenig verschieden.

Die Schwefelkonzentration schwankt bei der Trübung in den Versuchen einigermaßen (zwischen 0,89—0,47 g pro 100 ccm Sol; im allgemeinen 0,6 g pro 100 ccm); es wurde jedoch gefunden, wie oben aus der Tabelle 46 hervorgeht, dass in diesem Konzentrationsgebiet der Einfluss der Schwefelkonzentration auf die Schwellenwerte sehr gering und eine Korrektur in dieser Hinsicht nicht vonnöten ist.

In Fig. 15 sind die Resultate obiger Messungen graphisch wiedergegeben; die Abszissen bedeuten die Konzentration der Säure, die Ordinaten den entsprechenden zur Trübung erforderlichen Schwellenwert des als Koagulator verwendeten Chlorkaliums. Die Kurven steigen erst schnell und zeigen bei einem gewissen Säuregehalt ein Maximum der Stabilität, um dann wieder schnell herabzufallen. Die Form der aufsteigenden Aste der Kurven liess vermuten, dass wir es mit Exponentiallinien zu tun haben, und in der Tat erhält man, wenn die Logarithmen der Konzentrationen in einem Diagramm abgetragen werden, gerade Linien, welche anzeigen, dass wir es hier mit Exponentiallinien, vom Typus $y = K x^{\beta}$, zu tun haben. Um den exponentialen Charakter der Kurven zu prüfen, wurden die Konstanten¹⁾ graphisch bestimmt und dann die Schwellenwerte des Koagulators daraus berechnet. Die berechneten Werte sind unter den gefundenen in den Tabellen aufgeführt und zeigen trotz der grossen Versuchsfehler ziemlich gute Übereinstimmung zwischen Formel und Beobachtung. Bei der Annäherung der Kurven an das Maximum der Stabilität verliert die Formel jedoch ihre Anwendbarkeit. Die Werte der Konstanten sind bei jeder der Tabellen angegeben.

Setzen wir daher:

den Gehalt des Sols an Säure = m ,

die Schwellenkonzentration des Koagulators (KCl) = p ,

so gilt bis auf einen gewissen Wert für m die Relation:

$$p = A m^{\beta},$$

wo A und β Konstanten sind.

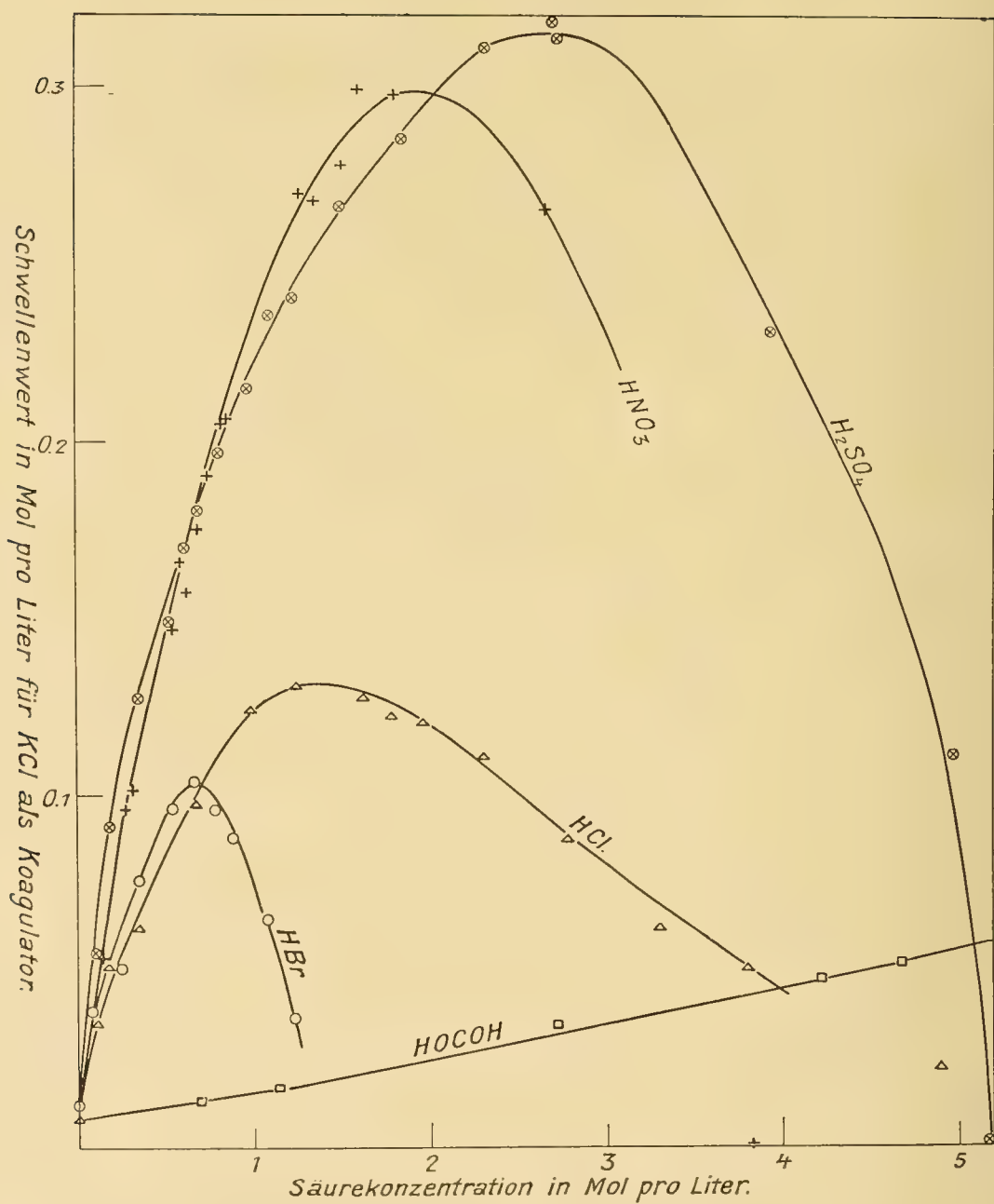


Fig. 15.

Verschiebung des Schwellenwertes für KCl bei einem amikroskopischen Schwefelhydrosol durch Zusatz verschiedener Säuren.

Tab. 54.
Verschiebung des Schwellenwertes durch Zusatz von Ameisensäure.

Zugesetztes Volumen HOCOH in ccm	0	0,3	0,5	1,3	2	2,5	4	5	6	7
Zugesetzte Menge HOCOH in Gramm	0	0,368	0,614	1,596	2,455	3,068	4,909	6,137	7,364	8,591
HOCOH-Konzentration in Gramm pro 100 ccm Sol.	0	3,216	5,245	12,514	19,481	21,532	36,911	45,288	53,36	60,93
» » Centimol pro Liter	0	0,70	1,14	2,72	4,23	4,68	8,02	9,84	11,60	13,24
Totalvolumen des Sols im Trübungsmoment ccm	12,10	11,45	11,70	12,75	12,60	14,25	13,30	13,55	13,80	14,10
Zur Trübung zugehöriges Volumen KCl-Lösung ccm	0,10	0,15	0,20	0,45	0,60	0,75	1,30	1,55	1,80	2,10
Zugesetzte KCl-Menge in Gramm	0,0075	0,0112	0,0149	0,0336	0,0448	0,0560	0,0970	0,1156	0,1343	0,1567
Schwellenwert des KCl in Gramm pro 100 ccm	0,061	0,098	0,161	0,263	0,355	0,393	0,729	0,853	0,973	1,111
» » » Centimol pro Liter;										
gefundener Wert	0,83	1,31	1,71	3,53	4,76	5,26	9,77	11,44	13,05	14,90

Die verwendete KCl-Lösung war 1,00-normal, d. h. 0,0746 Gramm KCl pro ccm.

» » » Ameisensäure war wasserfrei, somit 1,2273 Gramm pro ccm.

Drückt man m und p in Centimol pro Liter aus, so erhalten die Konstanten diejenigen Werte, welche über jeder Tabelle angegeben sind. Ein von den übrigen Kurven mehr abweichendes Aussehen weist die Ameisensäure auf, deren Kurve fast geradlinig verläuft und innerhalb des vorhandenen Konzentrationsgebiets keine Andeutung eines Maximums aufweist. Auch die Essigsäure wurde untersucht, aber ihre schützende Einwirkung ist sehr gering und auch bei grösseren Konzentrationen an der Grenze des Messbaren.

Es mag an dieser Stelle nur auf die Ähnlichkeit obiger Gleichung mit dem bekannten Adsorptionsgesetz hingewiesen und bezüglich theoretischer Schlüsse auf Abschnitt 14 am Ende des Buches verwiesen werden.

5.

Vergleich der Koagulationswirkung verschiedener Salze.

Ehe auf den Vergleich der Koagulationswirkung der Salze auf ein bestimmtes Sol näher eingegangen wird, müssen hier die verschiedenen Resultate, welche man bei Solen verschiedener Teilchengrösse erhält, ein wenig näher erörtert werden.

Dass die grösseren Teilchen früher, d. h. bei niedrigerem Schwellenwerte des Koagulators (NaCl), ausflocken als die kleineren, ist ja bereits öfters hervorgehoben worden; dies bildet ja die Grundlage für das fraktionierte Trennungungsverfahren der Sole und ist zur Erklärung auftretender Eigentümlichkeiten hier oft herangezogen worden.

Es scheint jedoch von erheblichem Interesse, die Stabilität der Sole mit verschiedener Dispersität auch gegen andere Koagulatoren direkt zu vergleichen.

Um dieselben unter möglichst gleichen Umständen zu haben, wurden von den gereinigten Fraktionen Sole mit möglichst gleichem Gehalt an disperser Phase und Menge des beim Fraktionieren verwendeten Koagulators hergestellt und an diesen die Schwellenwerte gegen verschiedene Elektrolyten festgestellt. Als Ausgangsmaterial wurden gereinigte Sole verschiedener Dispersität verwendet von der Konzentration 1 g Schwefel, 0,085 g NaCl pro 100 ccm Sol. Die freie NaCl-Konzentration beträgt bei Fraktion. (—0,25) ca. $\frac{0,015 \text{ g}}{100 \text{ ccm Sol}}$, sie ist

somit nur ca. 0,0025-normal; bei den grobdispersen ein wenig mehr. Zu 5 ccm dieser Sole wurde nun im Reagensrohre 4 ccm Wasser gesetzt und unter Umschütteln Kristalloidlösungen bekannter Konzentration bis zur beginnenden Ausflockung zugetropft. Die Konzentration der Kristalloidlösungen wurde so gewählt, dass die hierzu erforderliche Menge 1 bis 2 ccm betrug. Die Resultate finden sich in Tab. 55 wieder. Die Versuchstemperatur betrug 18°—19° C.

Tab. 55.

Einwirkung von Koagulatoren auf Schwefelhydrosole verschiedenen Dispersitätsgrades.

Fraktion	(— 0,25)	(0,25 — 0,20)	(0,20 — 0,16)	(0,16 — 0,13)	(0,13 — 0,10)	(0,10 — 0,07)	(0,07 —)
Teilchendiameter in $\mu\mu$	—	—	—	(ca. 25)	ca. 90	ca. 140	ca. 210
Schwellenwert für HCl	4,80	3,75	3,40	1,85	1,00	0,65	0,50
» NH_4NO_3	1,02	0,75	0,67	0,46	0,32	0,25	—
» NaCl	0,30	0,24	0,20	0,15	0,11	0,09	0,07
» KCl	0,034	0,029	0,026	0,025	(0,020)	(0,020)	—
» $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	0,0017	0,0014	0,0012	0,0012	(0,0010)	(0,0010)	—

Bemerkungen zur Tabelle.

Die Schwellenwerte sind in Molen pro Liter angegeben. Die Schwefelkonzentration beträgt bei Ausflockung ca. $\frac{1}{2}\%$. Die in Klammern gesetzten Werte sind wegen der Schwierigkeit, die Koagulation zu beobachten, sehr unsicher.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass bei grösserer Koagulierungsfähigkeit des Koagulators die verschiedene Empfindlichkeit der Fraktionen weniger scharf hervortritt. H. FREUNDLICH¹ hat gefunden, dass nicht nur die Endkonzentration, sondern auch die Stärke der zugesetzten Lösung von Bedeutung ist. Dies wurde auch bei den intensiven Koagulatoren, Chlorkalium und Bariumchlorid, beobachtet. Es treten hier jedoch leicht irreversible nebst reversiblen Zustandsänderungen auf, welche die Ergebnisse viel komplizierter gestalten.

¹ Zeitschr. f. physik. Chemie **44**, 129 (1903).

Um sodann die verschiedene Koagulationsfähigkeit der Elektrolyten zu vergleichen, wurde ein amikroskopisches Sol untersucht, dessen Teilchen an der Grenze ultramikroskopischer Sichtbarkeit lagen, weil an einem solchen Sol die Trübung am schnellsten hervortritt, und es daher die Trübung am schärfsten zu bestimmen gestattet.

Tab. 56.

Koagulierende Wirkung der Salze.

Versuchstemperatur 18°–20° C.

Koagulierendes Salz	Schwellenwert in		Molekulares Fällungsvermögen
	Prozent	Mol pro Liter	
HCl	ca. 22	6	ca. 0,16
LiCl	3,877	0,913	1,1
NH ₄ Cl	2,325	0,435	2,3
(NH ₄) ₂ SO ₄	3,963	$\frac{1}{2}$ 0,600	2 1,7
NH ₄ NO ₃	4,044	0,506	2,0
NaCl	0,955	0,153	6,1
Na ₂ SO ₄	1,249	$\frac{1}{2}$ 0,176	2 5,7
NaNO ₃	1,389	0,163	6,1
KCl	0,164	0,021	47,5
K ₂ SO ₄	0,220	$\frac{1}{2}$ 0,025	2 39,7
KNO ₃	0,220	0,022	45,5
RbCl	0,192	0,016	63
CsCl	0,156	0,009	108
MgSO ₄	0,112	0,0093	107,5
Mg(NO ₃) ₂	0,117	0,0080	125
CaCl ₂	0,046	0,0041	245
Ca(NO ₃) ₂	0,066	0,0040	247
Sr(NO ₃) ₂	0,055	0,0025	385
BaCl ₂	0,043	0,0021	475
Ba(NO ₃) ₂	0,057	0,0022	461
ZnSO ₄	0,122	0,0756	13,2
Cd(NO ₃) ₂	0,117	0,0493	20,3
AlCl ₃	0,059	0,0044	227
CuSO ₄	0,157	0,0098	102
Mn(NO ₃) ₂	0,171	0,0096	105
Ni(NO ₃) ₂	0,816	0,0446	22,4
UO ₂ (NO ₃) ₂	0,690	0,0137	73

Die Konzentration des Ausgangs-Sols wurde zu 1,4 g Schwefel, 0,04 g Chlornatrium pro 100 ccm bestimmt. Zu jeder Probe wurden 5 ccm des Sols, mit 4 ccm Wasser verdünnt, benutzt und die Kristalloidlösungen, deren Konzentration so gewählt war, dass 1—2 ccm zur Trübung ausreichte, aus einer in 0,02 ccm graduierten Pipette zugesetzt, bis die Trübung sichtbar war. Die Zusammenstellungen der erhaltenen Werte für die Schwellenkonzentration der verschiedenen Salze finden sich in Tab. 56 wieder.

Dort ist auch das molekulare Fällungsvermögen, d. h. der reziproke Wert derjenigen Konzentration des Elektrolyts in Gramm-Mol pro Liter, welche zur Koagulation nötig ist, angegeben: jene Grösse, welche nach H. SCHULZE¹ die als Mass des Koagulationsvermögens der Salze geeignetste ist.

Bemerkt zu werden verdient, dass das Koagulum oft bei den verschiedenen Salzen ein verschiedenartiges Aussehen zeigt. So ist es, wenn mit Chlorwasserstoffsäure gefällt, von fast flüssiger Konsistenz, mit Kaliumsalzen hart, fast zu einem Kuchen erstarrt, mit Bariumsalzen wie eine teigige Masse, mit Kupfersulfat u. a. sehr feinkörnig, schlammartig u. s. w. Wenn der Koagulator sehr vorsichtig zugesetzt wird, ist die Ausfällung in allen Fällen, wenigstens anfangs, völlig reversibel, wenngleich sehr leicht irreversible Zusammenballungen erfolgen, so dass der reversible Vorgang oft nur bei besonderer Vorsicht realisierbar ist. Diese irreversiblen Veränderungen sind jedoch als von sekundärer Natur anzusehen.

Aus der Übersicht ergibt sich die grosse Steigerung des Fällungsvermögens der Kationen mit steigendem Atomgewicht derselben. Dasselbe gilt auch für die übrigen Gruppen, so für die der alkalischen Erden.

Bezüglich der Wertigkeit der Kationen bemerkt man auch hier, wie bei so vielen anderen Kolloiden, die grössere Koagulationswirkung der zweiwertigen Kationen im Vergleich zu den einwertigen.

Bei den Salzen mit stark koagulierendem Kation tritt die Anionenwirkung kaum hervor, und nur bei den Alkalisalzen kann man dieselbe gut feststellen.

¹ Schwefelarsen in wässriger Lösung. Journ. f. pr. Chem. [2] **25**, 431—452 (1882).

Betrachten wir zunächst das Koagulationsvermögen der Alkalisalze einschliesslich der Chlorwasserstoffsäure, so lässt sich folgende Zusammenstellung machen:

	<i>H</i>	<i>Li</i>	<i>NH₄</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Rb</i>	<i>Cs</i>
<i>Cl</i>	0,16	1,1	2,3	6,1	47,5	63	108
<i>NO₃</i>	—	—	2,0	6,1	45,5	—	—
$\frac{SO_4}{2}$	—	—	1,7	5,7	39,7	—	—

Ordnet man gemäss obiger Übersicht die Kationen nach ihrer koagulierenden Wirkung, so erhält man:

$$Cs^{\cdot} > Rb^{\cdot} > K^{\cdot} > Na^{\cdot} > NH_4^{\cdot} > Li^{\cdot} > H^{\cdot},$$

und die Anionen nach ihrer schützenden Wirkung:

$$\frac{SO_4''}{2} > NO_3' > Cl'.$$

Auf Grund der Arbeiten von RAFFO und MANCINI [72], welche obige Befunde teils bestätigen, teils ergänzen, kann die Anionenreihe auf

$$\frac{SO_4''}{2} > NO_3' > Cl' > Br' > J' \text{ erweitert werden }^1$$

Es werden somit bei gegebenem Kation die Jodide das grösste, die Sulfate das kleinste Fällungsvermögen zeigen. —

Betrachten wir Fig. 14 und denken uns eine Ordinate in der Nähe der Origo gezogen, so können wir hier von der Wirkung der $H^{\cdot}$ -Ionen absehen und finden bezüglich der stabilisierenden Anionen-Wirkung die oben gefundene Reihe:

$$\frac{SO_4''}{2} > NO_3' > Cl' (Br) \text{ wieder.}^*$$

Auch wenn wir die Maxima der Kurven betrachten, ergibt sich dieselbe Reihenordnung:

$$\frac{SO_4''}{2} > NO_3' > Cl' > Br', \text{ was die obigen Befunde}$$

zu ergänzen und zu bestätigen scheint.

¹ Vgl. in dieser Hinsicht auch die Ergebnisse von STINGL u. MORAWSKI [32], welche jedoch in einer etwas anderen Weise erhalten wurden und daher in einigen Einzelheiten Abweichungen zeigen.

* Die HCl- und HBr-Kurven fallen hier fast zusammen.

Auf einige an diese Verhältnisse anknüpfende theoretische Betrachtungen wird in Abschnitt 14 näher eingegangen werden.

Hervorgehoben sei nur, dass hier bei einem rein anorganischen Kolloid bei den Alkalisalzen nicht nur das Kation, sondern auch das Anion von Einfluss auf die Koagulation ist; eine meines Wissens bisher nur bei den Eiweisstoffen deutlich beobachtete Tatsache.¹

6.

Gültigkeitsbereich des Exponentialgesetzes für das Temperaturgleichgewicht der Sole.

Wie im geschichtlichen Teile erwähnt ist, wurde zuerst von H. DEBUS [33] und später von M. RAFFO [58] beobachtet, dass ein Koagulum, welches sich im Gleichgewicht mit der koagulierenden Salzlösung befindet, beim Erwärmen wieder in den Solzustand übergeführt wird. THE SVEDBERG [60], der diesem Gleichgewicht eine nähere Untersuchung widmete, fand, dass es sich um ein echtes Gleichgewichtssystem handelte, d. h. dasselbe Gleichgewicht wurde erreicht, wenn man die Versuchstemperaturen von oben oder von unten her einstellte.

Ferner wurde festgestellt, dass für die von ihm untersuchten amikroskopischen Sole der Verlauf des Konzentrationszuwachses des Schwefels ein exponentialer ist.

Bezeichnet:

S die Schwefelkonzentration des Sols in Gramm pro 100 ccm,
 t die Temperatur in C-Graden,

so gilt die Beziehung $S = e^{k(t-t_0)}$, wo e die Basis des natürlichen Logarithmensystems ist und k und t_0 zwei das System charakterisierende Konstanten sind.²

¹ Auf die grossen Analogien im Verhalten der Eiweisskolloide und der Schwefelhydrosole und einige daran anknüpfende Betrachtungen gedenke ich in einer besonderen Abhandlung näher einzugehen.

² Dadurch, dass SVEDBERG die Temperatur von einem für jedes Sol eigenen Nullpunkt aus rechnete, erhielt bei ihm die Gleichung die Form $S = e^{kt}$. Obige Gleichung, die mir zum Vergleich verschiedener Sole geeigneter scheint, ist davon ja nur in formaler Hinsicht verschieden.

Von diesen Konstanten zeigte t_0 ein schnelles Zunehmen bei wachsender Konzentration des Koagulators. Die Konstante k war von der Natur der Anionen unabhängig und zeigte eine schwach abnehmende Tendenz bei wachsender Konzentration des Koagulators.

Aus der von SVEDBERG angewandten Vorbehandlung, wodurch er seine amikroskopischen Schwefelhydrosole mit einer Kristalloidlösung ins Gleichgewicht setzte, geht hervor, dass das Ausgangsmaterial aus ziemlich gleichkörnigen Solen bestand. Er koagulierte mehrmals mit einer Salzlösung gegebener Konzentration, löste das Koagulum im Wasser, wobei »ungelöster« Schwefel abgetrennt wurde, und setzte diese Behandlung mehrmals fort. Dieser »ungelöste« Schwefel enthielt wahrscheinlich wenigstens im Anfang Spuren der wenig dispersen Fraktionen, während die hoch dispersen in der Flüssigkeit unkoaguliert verblieben.

Es schien von Interesse, die Gültigkeit dieser Formel auch für ein submikroskopisches Sol zu prüfen und die Versuche auch auf stark ungleichkörnige Sole auszudehnen.

Daher wurde ein, praktisch genommen, gleichkörniges Sol mit deutlich sichtbaren Submikronen, Fr. (0,10—0,08), verwendet, welches nach mehrmaliger Koagulation mit Chlornatrium, um die letzten Spuren der anhaftenden Säuren zu entfernen, in eine dünnwandige Glasflasche gebracht und in einem Ostwald'schen Thermostat aufbewahrt wurde, wo das Gleichgewicht zwischen Koagulum und Sol sich bei verschiedener

Tab. 57.

Temperaturgleichgewicht eines gleichkörnigen, submikroskopischen Sols bei freiem Chlornatriumgehalt, 0,101-normal.

Temperatur in C.-Graden	Analysen		Schwefel in Gramm pro 100 ccm Sol, berechneter Wert.
	NaCl in Gramm pro 100 ccm Sol.	Schwefel in Gramm pro 100 ccm Sol, gefundener Wert	
17,5	1,14	22,23	22,51
17,0	0,93	14,00	13,40
14,9	0,62	1,53	1,62
11,5	0,60	0,05	0,04
10,0	0,60	0,01	0

Temperatur einstellen konnte. Die freie Chlornatriumkonzentration war 0,101-normal. Nach dem Einstellen auf eine andere Temperatur wurde das System mehrmals kräftig durchgeschüttelt, um ein vollständiges Gleichgewicht zu erreichen und dann mindestens zwei Stunden in Ruhe gelassen, wonach eine Analyse des Sols vorgenommen wurde. SVEDBERG [60] hat gefunden, dass diese Zeit zur Erreichung eines Gleichgewichtes völlig ausreicht. Die Resultate sind in Tab. 57 und Fig. 16 wiedergegeben.

In der Tabelle sind auch die nach der Exponentialformel berechneten Werte nebst den gefundenen angeführt und zeigen eine ziemlich gute Übereinstimmung an. Die verwendeten Konstanten sind in graphischer Weise bestimmt, und zwar wurden bei der Berechnung die Werte:

$k = 1,038$, $t = 14,5$ verwendet.

Es zeigte sich somit, dass sich das Exponentialgesetz auch für ein submikroskopisches Sol verwenden lässt, sofern es praktisch gleichkörnig ist. Dagegen ergaben die Untersuchungen von bedeutend ungleichkörnigen Sollen, wie unten näher besprochen wird, dass hier die Kurven ganz anders verlaufen und die Exponentialformel nicht verwendbar ist (Vgl. Abschn. 8).

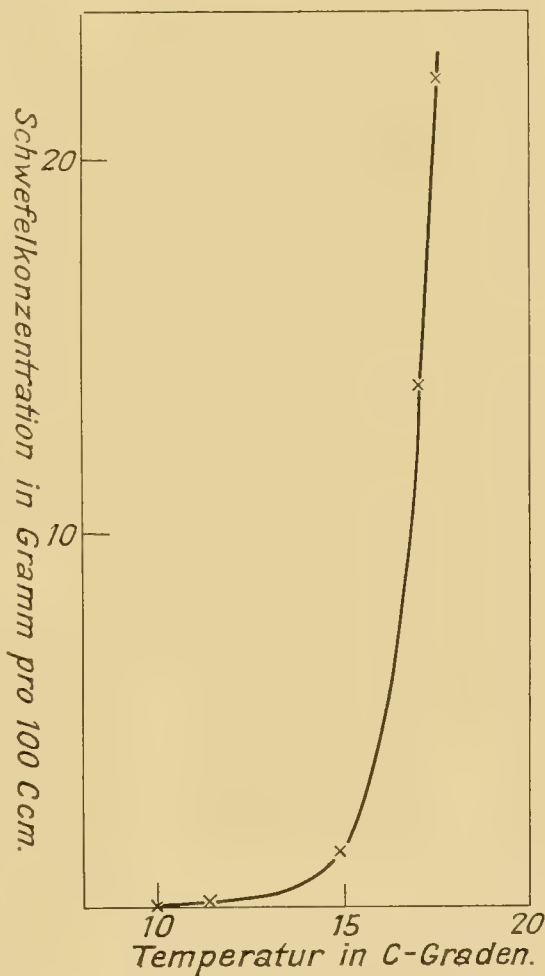


Fig. 16.

Temperaturgleichgewicht des Systems:
submikroskopisches Schwefelhydro-
sol + NaCl.

7.

Verschiedene Einflüsse auf die Werte der Konstanten des Exponentialgesetzes.

Betrachten wir zunächst nur praktisch genommen gleichkörnige Sole, welche dem Exponentialgesetz ziemlich gehorchen, so können wir einige Einflüsse auf die Konstanten derselben näher studieren. Die Wiedergabe dieser Konstanten als Funktionen verschiedener Faktoren wäre ja das Richtigste, vorläufig aber müssen wir uns hier damit begnügen, die Richtung dieser Einflüsse festzustellen.

Betrachten wir zunächst die amikroskopischen Sole, so geht aus SVEDBERGS Untersuchungen hervor, dass mit Zunahme der Elektrolytkonzentration die Konstante t_0 stark zunimmt und zugleich k eine deutliche, wenngleich nicht grosse Abnahme zeigt. Vergleichen wir ferner die k -Werte dieser Sole, welche zwischen 0,33 und 0,15 liegen, mit demjenigen des submikroskopischen Sols, 1,04, so ergibt sich, dass die Konstante k mit abnehmendem Dispersitätsgrad zunimmt. Dagegen ist bei konstantem Salzgehalt eine weit grössere Temperatursteigerung nötig, um bei den submikroskopischen etwas von dem Koagulum in Solzustand überzuführen als bei den amikroskopischen Solen (vgl die Steigerung der Schwellenwerte mit der Dispersität), was die Zunahme von t_0 mit abnehmendem Dispersitätsgrad bedeutet.

8.

Einfluss der Temperatur auf das Gleichgewicht ungleichkörniger Sole.

Nehmen wir an, dass in einem gleichkörnigen System durch Temperatursteigerung alles Koagulum in Lösung gebracht wird, und dass die so erreichte Schwefelkonzentration C Proz. ausmacht. Bei weiterer Steigerung der Temperatur gibt es kein Koagulum mehr zu lösen, sondern die Schwefelkonzentration behält konstanten Wert. Die Kurve OBC (Fig. 17) möge dieses System, der Gleichung $x = e^{k_1(t-t_1)}$ entsprechend, vorstellen.

Stellen wir uns nun in diesem System noch ein Koagulum eines weniger dispersen Sols ebenfalls von gleichkörniger Beschaffenheit vor,

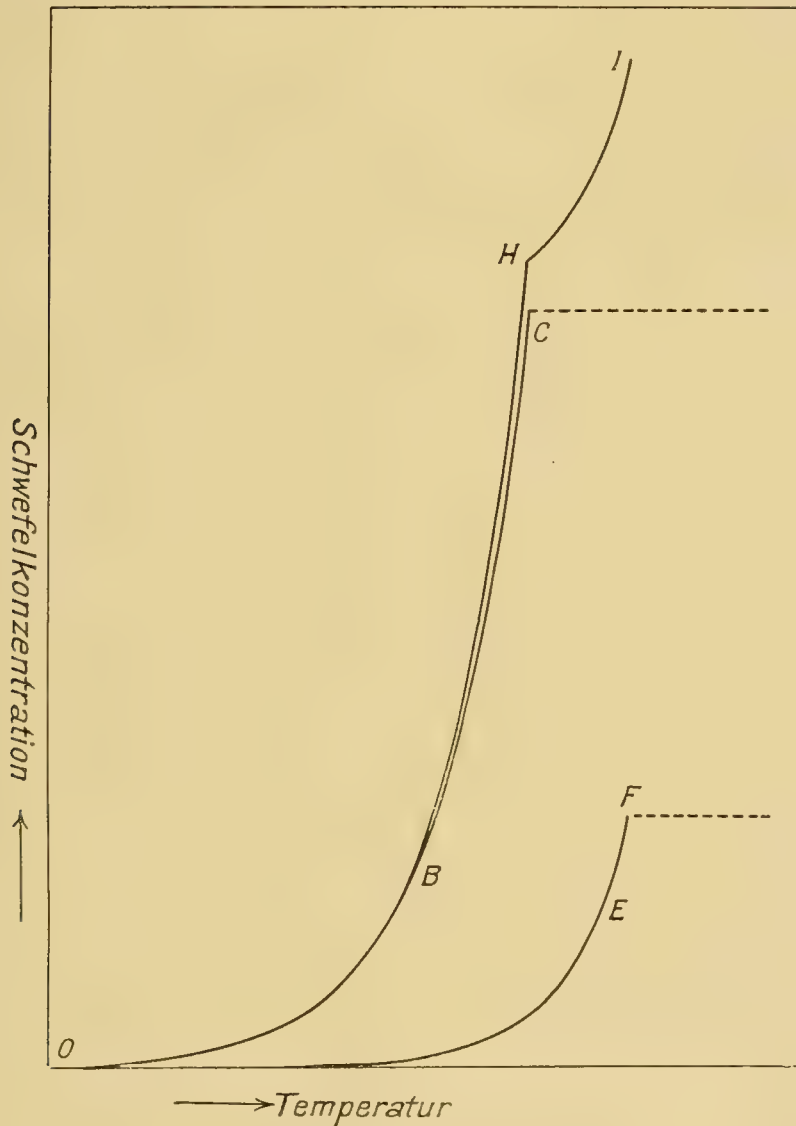


Fig. 17.

Schematische Darstellung der Temperaturgleichgewichte eines aus zwei gleichkörnigen Fraktionen zusammengesetzten Sols.

welches an und für sich bei vollständiger Lösung ein Sol von F Proz. Schwefel ergibt, und lassen wir die Kurve OE dieses System, der

Gleichung $y = e^{k_2(t-t_2)}$ entsprechend, repräsentieren, so würde, vorausgesetzt, dass die Gegenwart der einen dispersen Phase keinen Einfluss auf die andere ausübte, für das zusammengesetzte System die Gleichung:

$$S = x + y = e^{k_1(t-t_1)} + e^{k_2(t-t_2)}$$

$(t < t_C) \qquad (t < t_F)$

gelten, wo für $t > t_C$ der erste, $t > t_F$ der zweite Ausdruck konstant und zwar gleich C , bzw. F gedacht wird.

Je nach den speziellen Werten von C , F , k_1 , k_2 , t_1 , t_2 entstehen Kurven verschiedenen Aussehens: für das betreffende System die Kurve *OHI*.

Durch Synthese habe ich mehrere derartige Sole dargestellt, deren Temperaturkurven dann untersucht wurden. In den Tabellen 58 und 59 sind einige der Resultate mitgeteilt, deren graphische Darstellung in Figur 18 wiedergegeben ist.¹

Tab. 58.

Temperaturgleichgewicht eines ungleichkörnigen Sols, aus zwei amikroskopischen Fraktionen bestehend. Freie Chlornatriumkonzentration 0,279-normal.

Temperatur in C-Graden	Analysen	
	Pro 100 ccm Sol	
	Schwefel g	NaCl g
34,3	11,55	2,03
32,2	9,52	1,93
29,0	9,11	1,91
24,7	5,42	1,86
18,5	0,73	1,68
14,6	0,13	1,63
8,0	—	1,65

Die der höchst dispersen Fraktion entsprechende Fortsetzung der Exponentiallinie ist in Fig. 18 gestrichelt wiedergegeben. Durch Verwenden mehrerer gleichkörniger Sole kann man natürlich verwickeltere Systeme erhalten.

¹ Die scharfen Knickpunkte in Fig. 18 wurden nur durch graphische Extrapolation ungefähr bestimmt, da eine exakte Messung derselben schwierig ist.

Tab. 59.

Temperaturgleichgewicht eines ungleichkörnigen Sols, aus amikroskopischen Fraktionen + submikroskopischer Fraktion bestehend.

Freie Chlornatriumkonz. 0,2-normal.

Temperatur in C-Graden	Analysen	
	Pro 100 ccm Sol	
	Schwefel g	NaCl g
40,0	16,30	2,03
38,5	16,22	2,03
34,3	12,99	1,99
34,0	11,46	1,96
30,0	9,86	1,92
20,0	9,45	1,91
17,4	9,25	1,90
15,6	9,11	1,91
9,5	8,57	1,92
7,0	6,51	1,79
4,6	4,24	1,58

* *

Ein spezieller Fall möge hier näher betrachtet werden. Nehmen wir an, dass in einem gewissen Volumen des Dispersionsmittels mit einer geeigneten Konzentration des Koagulators die Koagula von n Stück gleichkörnigen Fraktionen sich befinden, und dass ferner jedes dieser Koagula gleich der Gewichtseinheit sind, wodurch die totale Konzentration des Systems bei vollständiger Auflösung der Koagula gleich n wird.

Nehmen wir ferner an, dass der Dispersitätsgrad der Fraktionen derart ist, dass die Konstanten t_v eine arithmetische Reihe bilden:

$$\theta, \theta + b, \theta + 2b, \dots, \theta + (n-1)b,$$

und dass für sämtliche Fraktionen k gleich ist und konstanten Wert besitzt. Dies ist in Wirklichkeit nie erfüllt; da aber k mit dem Dispersitätsgrad bedeutend langsamer als t_v variiert, kann für ein nicht allzugrosses Temperaturintervall diese Voraussetzung gemacht werden.

Lassen wir nun das System sich bei der Temperatur $\theta - b$ befinden, und zwar derart, dass für Temperaturen kleiner als θ die Schwefelkonzentration aller Fraktionen ausgenommen die erste unberücksichtigt gelassen werden kann. Es sei angenommen, dass eben bei $\theta - b$ das

Koagulum dieser ersten Fraktion sich aufzulösen beginnt, um bei θ vollständig gelöst zu sein, da die Schwefelkonzentration ja nun den Wert 1 erreicht hat (Kurventeil *ob*, Fig. 19).

Bei θ beginnt die nächste Fraktion sich aufzulösen, bei $\theta + b$ die dritte und so fort. Bei jedem Temperaturintervall nehmen wir an, dass die Partialkonzentration der folgenden Fraktionen unberücksichtigt gelassen werden kann. Die Konzentrationskurve erhält somit ein periodisches Aussehen und wird aus miteinander verbundenen Exponentialästen zusammengesetzt.

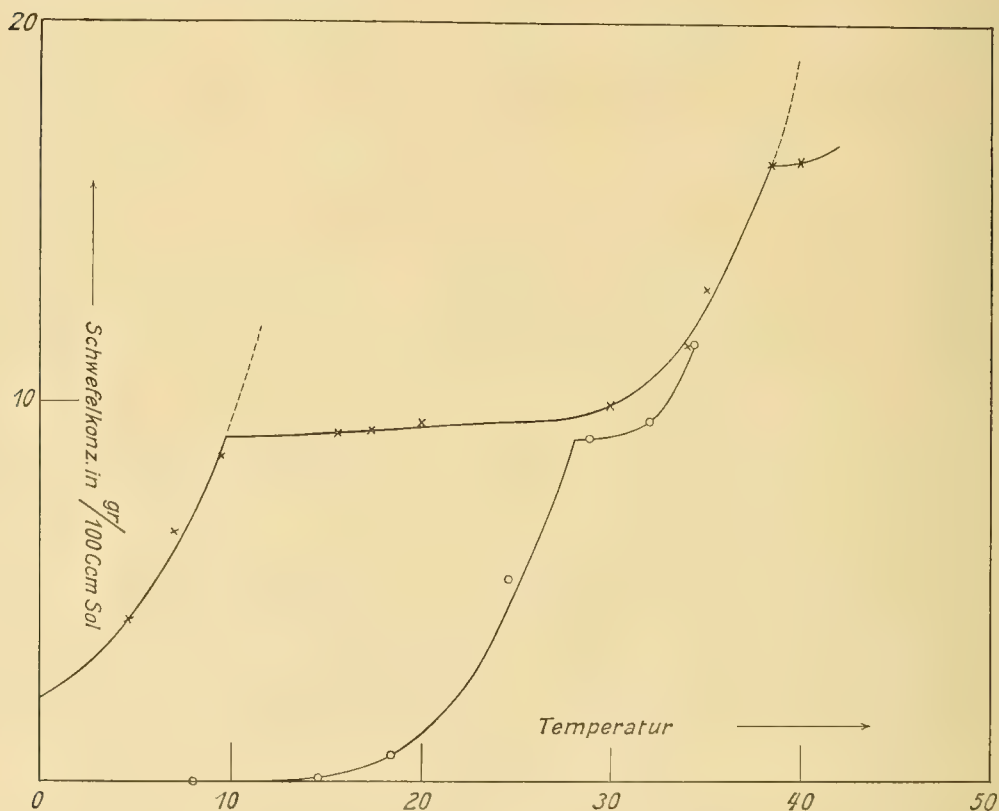


Fig. 18.

Temperaturgleichgewichte synthetisch zusammengesetzter Sole.

Sollte diese letzte Voraussetzung nicht völlig erfüllt sein, sondern eine Fraktion sich früher aufzulösen beginnen, ehe die vorhergehende völlig in Lösung gegangen ist, so wird dies eine Änderung in der Gestalt jedes Kurventeiles verursachen (z. B. die Gestalt *oa* statt *ob*), die Spitzen werden abgestumpft und kommen einander näher, aber die Periodizität wird bestehen bleiben.

Lässt man nun die Zahl der Fraktionen wachsen und die Grösse jeder Fraktion in proportionaler Weise sich vermindern, wobei die totale Schwefelmenge dieselbe verbleibt, so wird die Zahl der Exponentialzweige sich vermehren und der Ort der Spitzen mit der entstehenden Kurve zusammenfallen. Der Ort der Spitzen kann durch die Gleichung

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{b}, \text{ somit } y = \text{Konst. } x$$

formuliert werden, wonach somit die Konzentrations-Temperaturkurve durch eine Gerade dargestellt werden würde.

In der vorstehenden Ableitung ist für die verschiedenen Fraktionen k als konstant angenommen, in Wirklichkeit jedoch nimmt k mit abnehmendem Dispersitätsgrad (höherer Temperatur) zu, wodurch eine gegen die Abszissenachse schwach konvexe Linie entsteht.

Ein solches System habe ich experimentell dargestellt durch Vermischen einer Reihe von Fraktionen mit zunehmendem Dispersitätsgrad.

In Tab. 60 und Fig. 20 ist dieses System wiedergegeben.

Aus der Figur ist ersichtlich, dass die Zahl der Fraktionen unzureichend war, weshalb sich noch eine gewisse Oszillation geltend macht.

Ein solches ungleichkörniges Sol, wo zwischen gewissen Grenzwerten alle möglichen Werte der Teilchengrösse in gleicher Menge repräsentiert sind, kann als gleichförmig polydispers bezeichnet werden. Für ein solches Sol ist die Konzentration eine beinahe lineare Funktion der Temperatur.

Wenn dagegen eine gewisse Teilchengrösse auf Kosten der übrigen sich geltend macht, bekommt die Konzentrations-Temperaturkurve eine



Fig. 19.

Schematische Darstellung der Temperaturgleichgewichte eines gleichförmig polydispersen Sols.

Ausbiegung, und nach Massgabe dieses Überschusses geht die Gerade in eine Exponentiallinie über, wobei das System mehr gleichkörnig wird.

Das eingehende Studium der Kurve, welche den Zusammenhang zwischen Schwefelkonzentration und Temperatur angibt, gewährt uns

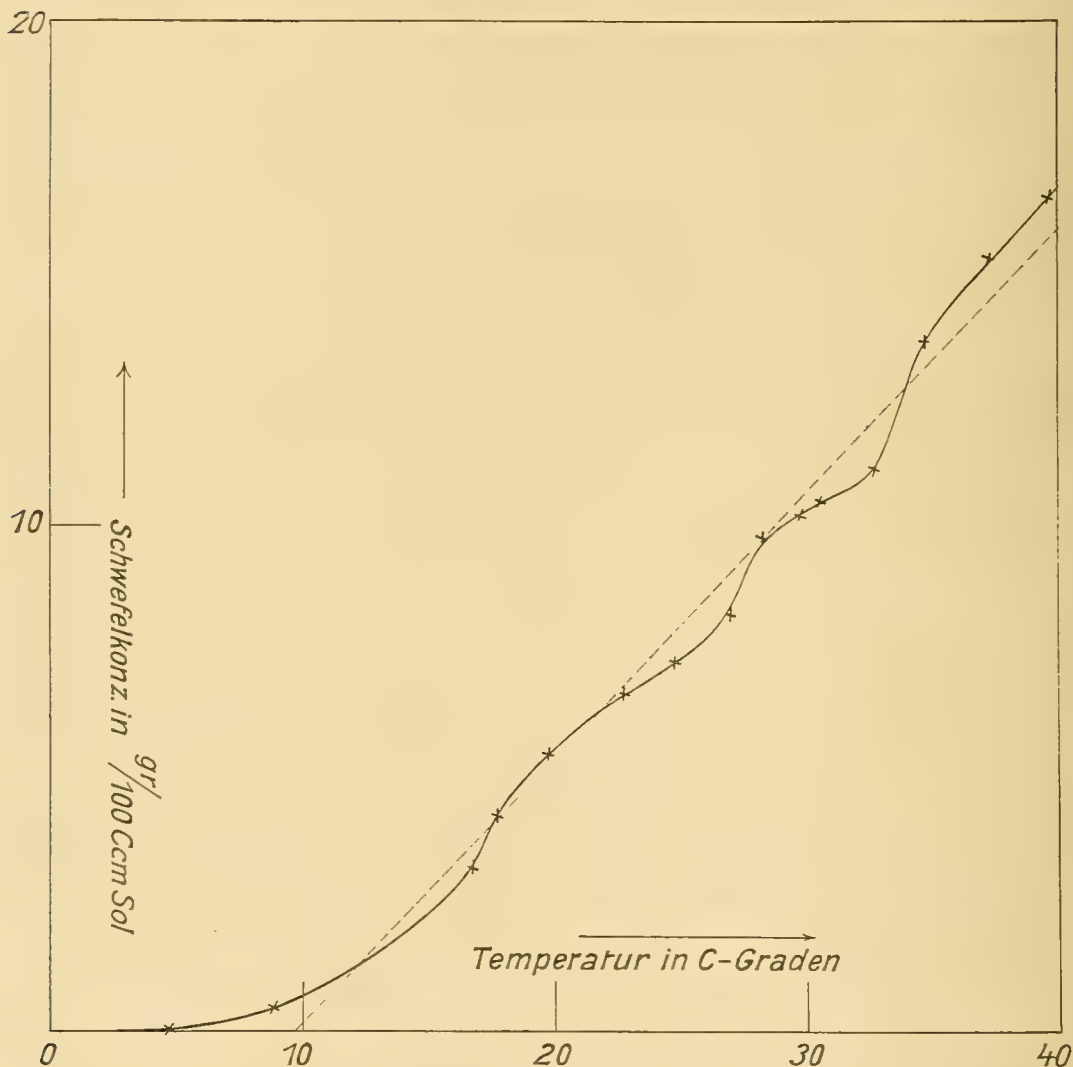


Fig. 20.

Temperaturgleichgewicht eines synthetischen gleichförmig polydispersen Sols, somit ein Mittel, nachzuforschen, ob die Hauptmenge der Teilchen einander gleich (äquidimensional) sind. Ist dies nicht der Fall, so kann eine Untersuchung der Kurve die Verteilung der verschiedenen Teilchengrössen ergeben.

Auf ungleichkörnige Sole kann nach dem Gesagten das Exponentialgesetz nicht angewendet werden, und die Gültigkeit desselben über das ganze Temperaturgebiet, welches für die vollständige Auflösung des Koagulum im Dispersionsmittel notwendig ist, kann als ein gutes Kriterium dafür dienen, dass das vorliegende Sol, praktisch genommen, gleichkörnig ist.

Allerdings muss hervorgehoben werden, dass *absolut* gleichkörnige Sole kaum durch die hier verwendeten Methoden zu erhalten sind, und dass möglicherweise, wenn es solche nach weiteren Forschungen herzustellen gelingen sollte, die Kurve bei diesen idealen Solen noch steiler, eventuell gegen die Abszissenachse völlig senkrecht, verlaufen dürfte. Es würde, falls diese Hypothese richtig wäre, der exponentiale Verlauf selbst bei praktisch genommenen gleichkörnigen Solen dadurch bedingt sein, dass die Grösse der Teilchen gewissen, allerdings ziemlich kleinen Schwankungen unterliegt.

Tab. 60.

Temperaturgleichgewicht eines gleichförmig polydispersen Sols. Freie Chlornatriumkonz. 0,188-normal.

Temperatur in C-Graden	Analysen	
	Pro 100 cem Sol Schwefel g	NaCl g
40,0	16,55	1,53
37,6	15,36	1,55
35,0	13,66	1,54
33,0	11,16	1,44
30,8	10,55	1,39
29,9	10,21	1,40
28,5	9,80	1,39
27,2	8,28	1,32
25,0	7,36	1,34
23,0	6,76	1,32
20,0	5,52	1,30
18,0	4,30	1,24
15,0	3,30	1,22
9,0	0,51	1,15
4,9	0,10	1,11

Diese Frage, welche einstweilen als unentschieden betrachtet werden muss, berührt jedoch, solange wir es mit praktisch genommen gleichkörnigen Sols zu tun haben, in keiner Weise die obigen Darstellungen, und wir können die Verwendbarkeit des Exponentialgesetzes als ein ziemlich gutes Kriterium für die gleichkörnige Beschaffenheit des Sols ansehen.

9.

Verschiebung der Schwellenwerte mit der Temperatur.

Zu exakten Bestimmungen der Verschiebung der Schwellenwerte mit der Temperatur wäre der geeignetste Weg der, das im Abschnitt 3 beschriebene Gleichgewicht eines bestimmten Sols bei einer Reihe verschiedener Temperaturen zu untersuchen und bei jeder Temperatur für den Koagulator diejenige freie Salzkonzentration zu bestimmen, bei welcher die Kurve den steilen Abfall macht.

Einfacher, aber allerdings auch mit geringerer Genauigkeit kann man so verfahren, dass man direkt den Koagulator bis zur Trübung des Sols bei verschiedenen Temperaturen hinzusetzt. Die Resultate einer solchen Untersuchung finden sich in Tab. 61 wiedergegeben.

Die Versuche wurden so ausgeführt, dass in ein Reagenrohr 10 ccm eines amikroskopischen Schwefelhydrosols (mit 0,027 g Schwefel, 0,003 g NaCl) gebracht wurden und das Reagenrohr dann in einem grossen, mit Wasser gefüllten Glasgefäss, fast bis zur Mündung eingetaucht, aufbewahrt wurde. In diesem Glasgefäss wurde auch die als Koagulator benutzte Chlorkaliumlösung aufbewahrt, und zwar in einem hohen zylindrischen Glasgefäss, das oben durch einen Korkpfropfen verschlossen werden konnte. Durch diesen Pfropfen hindurch wurde die beim Zusatz des Koagulators verwendete, in 0,02 ccm geteilte Pipette angebracht, so dass dieselbe sich in der Chlorkaliumlösung und mit dieser gefüllt befand. Durch Erwärmen oder Zusatz von Eisstückchen wurde die Flüssigkeit des als Thermostat dienenden Glasgefässes auf geeignete Temperatur gebracht und dann die Koagulationsversuche mit dem während des Zusatzes des Koagulators im Thermostat verbleibenden Sole ausgeführt. Dies geschah folgendermassen.

Der oben befestigte Gummischlauch der Pipette wurde mit dem Finger geschlossen und die Pipette zusammen mit dem Stöpsel mit der linken Hand erfaßt und aus der Lösung gehoben, die Aussenseite derselben schnell mit einem reinen Tuche von anhaftender Flüssigkeit gereinigt und dann von der Lösung schnell (in ca. 30 Sekunden) zu dem im Reagensrohr befindlichen Sol zugetröpfelt, bis das Sol infolge Koagulation sich zu trüben begann. Während dieses Zusatzes wurde das Reagensrohr mit der rechten Hand gut geschüttelt, um

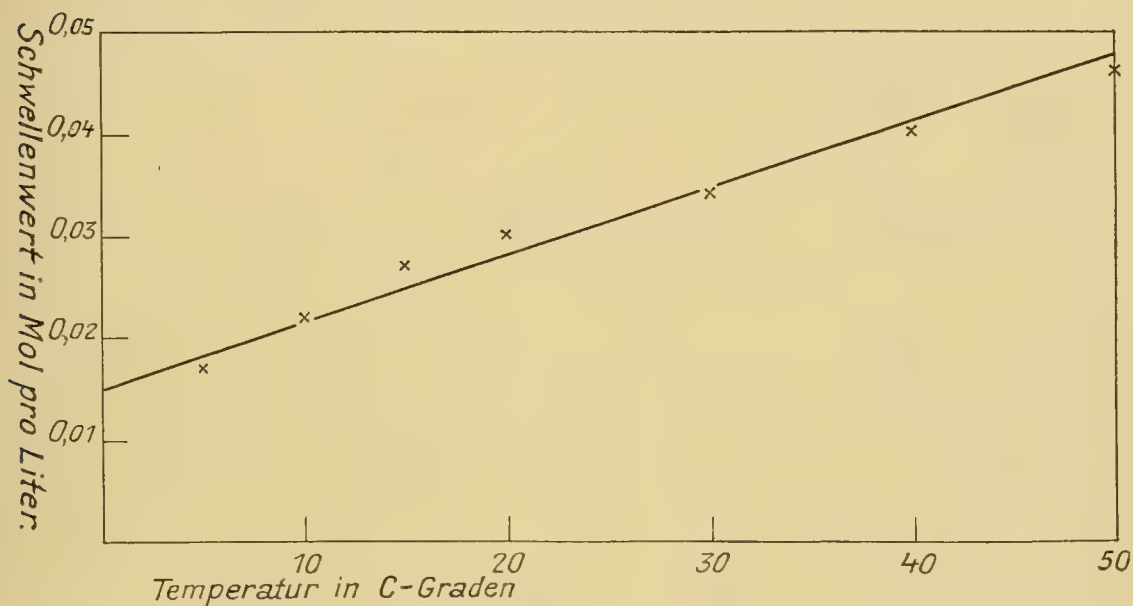


Fig. 21.

Verschiebung des Schwellenwertes gegen KCl als Koagulator mit der Temperatur.

eine völlige Durchmischung der Flüssigkeiten zu erreichen. Als Kriterium der Koagulation wurde der Auftritt einer deutlichen Trübung des vorher klar durchsichtigen Sols angesehen. Es ist klar, dass die Kristalloidlösung während des Zusatzes abgekühlt wird und daher die Temperatur des koagulierenden Sols ein wenig verschieden von der des Thermostats ist. In Anbetracht der ziemlich grossen Versuchsfehler bei der Bestimmung der Trübung habe ich jedoch eine Temperaturkorrektur hier unterlassen. Graphisch habe ich in Fig. 21 die Temperaturen als Abszissen, die Schwellenwerte als Ordinaten ab-

getragen. Es ergibt sich, dass die Schwellenwerte linear mit der Temperatur zunehmen. Ob eine Krümmung vorhanden ist, gestattet die Methode der Ungenauigkeit wegen nicht zu entscheiden.

Tab. 61.

Verschiebung des Schwellenwertes mit der Temperatur.

Temperatur in C-Graden	Versuch	Zur Trübung erforderlicher Zusatz der KCl-Lösung* in ccm	Totalvolumen der Flüssig- keit im Trü- bungsmoment in ccm	Schwellen- wert	Mittelwert des Schwel- lenwertes	Berechneter Schwellen- wert
5	1	0,70	10,70	0,017	0,017	0,018
	2	0,70	10,70	0,017		
	3	0,66	10,66	0,016		
10	1	0,94	10,94	0,022	0,022	0,022
	2	1,00	11,00	0,023		
	3	0,98	10,98	0,022		
15	1	1,24	11,24	0,027	0,027	0,025
	2	1,28	11,28	0,028		
	3	1,22	11,22	0,027		
20	1	1,32	11,32	0,029	0,030	0,028
	2	1,40	11,40	0,031		
	3	1,36	11,36	0,030		
30	1	1,52	11,52	0,033	0,034	0,035
	2	1,60	11,60	0,035		
	3	1,60	11,60	0,035		
40	1	1,90	11,90	0,040	0,040	0,039
	2	2,00	12,00	0,042		
	3	1,85	11,85	0,039		
50	1	2,20	12,20	0,045	0,046	0,048
	2	2,30	12,30	0,047		
	3	2,25	12,25	0,046		

* Die verwendete KCl-Lösung war 0,25-normal.

Wie gut sich eine lineare Formel:

$$W_t = W_o (1 + \gamma t),$$

wo W_t den Schwellenwert bei t° , W_o bei 0° , t die Temperatur und γ eine Konstante bedeutet, für die Schwellenwerte verwenden lässt, ist aus der letzten Kolumne der Tabelle 61, wo die nach der Formel:

$$W_t = 0,015 (1 + 0,00066 t)$$

berechneten Werte zum Vergleich mit den gefundenen angeführt sind, zu ersehen. Hier ist $W_o = 0,015$ durch graphische Extrapolation, γ als Mittelwert der Einzelwerte $\gamma = \frac{W_t - W_o}{t}$ rechnerisch zu 0,00066 bestimmt worden.

10.

Ausbildung von Schwefelkristallen in den Solen.

Da sich in dem Dispersionsmittel zahlreiche kleine Schwefelteilchen vorfinden, und da der Schwefel eine gewisse, wenngleich kaum messbare Löslichkeit im Wasser besitzt, muss das Dispersionsmittel stets mit echt gelöstem Schwefel gesättigt sein. Sobald einige Keime festen Schwefels auf die eine oder andere Weise entstehen, müssen diese somit beständig wachsen, und wir bekommen eine Ausscheidung von Schwefelkristallen.

Dies wird auch stets beobachtet, wenn die Sole längere Zeit aufbewahrt werden. Haben sie nur kürzere Zeit gestanden, so beobachtet man nur einen kristallinen Bodensatz in den Gefässen, nach längerem Aufbewahren jedoch deutlich ausgebildete Kristalle.

Wenn wir es mit gut gereinigten, nur von kleinen Mengen Natriumchlorid oder geringeren Säuremengen verunreinigten Solen zu tun haben, so ist dieser sich ausscheidende Schwefel stets völlig kristallinisch, und nur in dem Falle, dass Calciumionen oder andere irreversibel koagulierende Verunreinigungen in Spuren vorhanden sind, ist der entstehende Niederschlag von teils kristallinischem, teils amorphem Charakter. Nur für die ersteren reinen Sole gelten die folgenden Beobachtungen.

Um die Grössenordnung dieser langsam von statten gehenden Kristallausscheidungen anzugeben, mögen folgende Angaben dienen:

2,5 g amikroskopischer Schwefel Fr. (0,20—0,16) in 50 ccm Dispersionsmittel mit einem Natriumchloridgehalt von 0,21 g ergaben, bei Zimmertemperatur in gut geschlossener Flasche aufbewahrt, nach 118-tägigem Stehen Schwefelkristalle, welche auf einem gehärteten Filter gut gewaschen und dann nach dem Trocknen gewogen wurden, wobei ihr Gewicht 0,1761 g betrug. Somit unter den gegebenen Bedingungen durchschnittlich 0,06 % Abnahme des kolloiden Schwefels pro Tag.

Dieser ziemlich grosse Wert der Kristallausbildung macht es sehr wahrscheinlich, dass die Ausbildung nicht nur durch den echt gelösten Schwefel verursacht wird, sondern dass auch die Möglichkeit einer Verwachsung der Amikronen zu Kristallen besteht.

Hierfür spricht auch, dass in sehr verdünnten submikroskopischen Solen ($< 0,005$ %), wo die Wahrscheinlichkeit des Zusammentritts vermindert ist, keine Abnahme der Teilchenzahl nach mehrmonatiger Aufbewahrung bemerkt werden konnte.

Es schien von einigem Interesse, die kristallinen Ausscheidungen des Schwefels ein wenig näher zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurden die Kristalle, welche sich in einem fast zwei Jahre lang aufbewahrten amikroskopischen Sol gebildet hatten, mikroskopisch untersucht.¹ Es ergab sich, dass die Hauptmenge der auf dem Boden des Gefässes ausgebildeten Kristallkruste, sowie die auf der Oberfläche schwimmenden Kriställchen aus gewöhnlich ausgebildeten, rhombischen Bipyramiden von einer Lineargrösse von ungefähr 0,03 mm bestanden.

Daneben konnten aber vereinzelte, besonders an den Gefässwänden gut ausgebildete monokline Kristalle beobachtet werden. Diese monoklinen Kristalle waren prismatisch ausgebildet, nach der *C*-Achse verlängert und von einer Lineargrösse von ungefähr 0,2 mm; sie scheinen der MUTHMANN'schen² zweiten Modifikation zu entsprechen.

Merkwürdigerweise waren sie gut haltbar und zeigten nach mehrmonatiger Aufbewahrung keine Anzeichen von jenem Zerfall in rhombischen Schwefel, wie es bei grösseren, aus dem Schmelzfluss entstandenen Kristallen beobachtet wird.

¹ Im Laboratorium des hiesigen mineralogischen Instituts. Ich bin dabei von Herrn Priv.-Doz. Dr. P. D. QUENSEL in freundlicher Weise unterstützt worden.

² W. MUTHMANN: Untersuchungen über den Schwefel und das Selen. Zeitschr. f. Kristallographie **17**, 336—367 (1890).

Dass die Bildung monoklinen Schwefels aus unterkühlten Schmelzen auch bei gewöhnlicher Temperatur leicht eintreffen kann, wenn Keime vorhanden sind, ist von D. GERNEZ¹ gezeigt worden. Wie wir uns die Bildung dieser monoklinen Kristalle zu denken haben, entweder durch Zusammentritt der unterkühlten Schwefeltröpfchen oder aus molekular in Wasser gelöstem Schwefel, dürfte vorläufig als unentschieden zu betrachten sein.

11.

Irreversible Koagulation infolge grosser Intensität des Koagulators oder Temperatursteigerung.

Es wurde oben angegeben, dass die durch Zusatz von Elektrolyten bis zur Ausflockung des Sols hervorgerufene Koagulation im Anfangsstadium stets reversibel ist, dass dagegen oft, wenn der Koagulator längere Zeit einwirken konnte, reversible Phänomene auftreten.

Bei manchen, besonders intensiv wirkenden Koagulatoren ist es sogar oft schwer, dieses reversible Stadium zu erkennen, und es zeigt sich, wenn man das Koagulum noch so schnell abtrennt, dass das beim Behandeln mit Wasser entstehende Sol gegenüber dem ursprünglichen irreversible Veränderungen erlitten hat.

Nur wenn man sehr vorsichtig den Koagulator zutröpfelt, kann man die entstehende Koagulationstrübung durch Verdünnen des Sols wieder beseitigen.

Man bemerkt übrigens betreffs dieser Veränderungen alle möglichen Übergänge von vollständiger Reversibilität bei der Verwendung einer kurzen Einwirkungsdauer und eines geringen Überschusses an Koagulator bis zu vollständiger Irreversibilität bei der Verwendung grosser Überschüsse des Koagulators, wobei sich in letzterem Falle der Schwefel als ein völlig unlöslicher Kuchen auf dem Boden des Gefässes ansammelt.

Bei den Übergangsformen zwischen diesen extremen Fällen lässt sich entweder bei der Wasserbehandlung das Koagulum vollständig in ein Sol überführen, dessen Dispersitätsgrad jedoch vermindert worden

¹ Sur les circonstances de production des deux variétés prismatiques et octaédriques du soufre. *Compt. rend.* **83**, 217—220 (1876). Vgl. auch: W. MUTHMANN, a. a. O., S. 344.

ist, oder das Koagulum geht nur zu einem geringen Teil wieder in Solzustand von mehr oder weniger veränderter Dispersität über. Eine gewisse Analogie zu den bei manchen Gelen beobachteten Peptisationserscheinungen wurde hier beobachtet. Wurde nämlich ein amikroskopisches Sol sehr vorsichtig mit Chlorkaliumlösung versetzt, bis eine Trübung infolge Koagulation entstand, so konnte anfangs die Trübung durch blosses Verdünnen mit Wasser zum Verschwinden gebracht werden. Wartet man dagegen eine Weile, so lässt sich dies nicht mehr durch blosse Verdünnung ausführen; in diesem Stadium kann man jedoch durch Säurezusatz das Koagulum wieder zu einem völlig amikroskopischen Sol dispergieren (vgl. Abschn. 4) und die Trübung aufheben. Wartet man schliesslich bis zum völligen Absetzen des Koagulums, so ist das beim Behandeln mit Wasser aufs neuem entstandene Sol, auch wenn Säuren zugesetzt werden, trüb und submikroskopisch.

Im Abschnitt 1 wurden einige Versuche erwähnt, welche zugunsten der Auffassung sprachen, dass bei der reversiblen Koagulation infolge Elektrolytzusatzes die einzelnen Teilchen bei Verminderung der Dispersität nur mit einander zu grösseren Klümpchen zusammentreten, ohne dass eine Verschmelzung der Teilchen stattfindet. Die irreversiblen Phänomene dürften nach dieser Auffassung auf Verschmelzung der, wahrscheinlich unterkühlten, Schwefeltröpfchen zurückzuführen sein. Für diese Auffassung spricht auch, dass der Eintritt der irreversiblen Veränderungen durch Temperaturzunahme begünstigt wird. Denn da bei erhöhter Temperatur sowohl die Oberflächenspannung der Schwefeltröpfchen als die Viskosität derselben vermindert wird, muss eine Temperaturerhöhung die Verschmelzung der Teilchen befördern.

Dies tritt besonders deutlich beim Verwenden von Chlornatrium als Koagulator hervor. Sowohl bei Zimmertemperatur als bei tieferen Temperaturen verläuft die Koagulation, man mag mit noch so konzentrierten Lösungen koagulieren, stets reversibel. Bei höherer Temperatur,¹ so besonders oberhalb 80°, traten dagegen leicht in mit Chlornatrium versetzten Solen die oben beschriebenen irreversiblen Zustandsänderungen ein, welche die Dispersität stark vermindern.

In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass durch die in diesem Abschnitte beschriebenen irreversiblen Veränderungen die chemische Natur des Schwefels nicht verändert wird, wie dies bei

¹ Vgl. die ähnlichen Beobachtungen von SVEDBERG [60].

den im folgenden Abschnitt beschriebenen der Fall ist. Der Schwefel des irreversiblen Koagulums ist wie der Trockenrückstand des Sols anfangs in Schwefelkohlenstoff unlöslich und besteht somit aus S_μ . Nach längerer Aufbewahrung geht er jedoch teilweise in S_λ über.

Lässt man das irreversible Koagulum sich in dünner Schicht auf einem Objekträger absetzen, so erhält man einen zusammenhängenden firnisartigen Beschlag von rein gelber Farbe, welcher bei mikroskopischer Untersuchung auch bei 1000-facher Vergrößerung völlig amorph aussieht.

12.

Veränderungen der Sole infolge Überganges des Schwefels in eine andere Modifikation.

Bekanntlich wandelt sich nach den Untersuchungen von BERTHELOT¹ die in Schwefelkohlenstoff unlösliche Schwefelmodifikation γS oder, wie sie nach der modernen Nomenklatur² vielleicht richtiger bezeichnet werden sollte, S_μ durch Einwirkung von alkalischen Flüssigkeiten ziemlich schnell in die in Schwefelkohlenstoff lösliche Modifikation αS oder S_λ um.

Es ist schon früher erwähnt worden (S. 78), dass der kolloide Zustand des Schwefels wenigstens in grösseren Konzentrationen an die unterkühlte S_μ -Modifikation gebunden zu sein scheint, und dass, wenn die Sole alkalisch gemacht, sie bald trüb werden, wobei in Schwefelkohlenstoff löslicher Schwefel ausfällt.¹ Nur in dem Falle, dass das Sol sehr verdünnt ist, bleiben die trüben, S_λ enthaltenden Flüssigkeiten als Sole einigermassen beständig.

Wenn man diese Umwandlungen der Sole bei alkalischer Reaktion des Dispersionsmittels studiert, bemerkt man zuerst eine mehr rötliche Farbnuance der vorher völlig klargelben Flüssigkeit, welche allmählich mehr in Braun übergeht, wobei sie zunehmend trüber und schliesslich milchig weiss und völlig undurchsichtig wird.

Verfolgt man diesen Vorgang ultramikroskopisch, so ist das Gesichtsfeld anfangs nur von einem schwachen amikroskopischen Licht-

¹ Nach GMELIN-KRAUT: Handbuch d. anorg. Chemie (7. Aufl., Heidelberg 1907) I: 1, S. 357.

² A. SMITH u. C. M. CARSON: Über den amorphen Schwefel. VII; Zeitschr. f. physik. Chem. 77, 661 (1911).

kegel erleuchtet, und nach einiger Zeit erscheinen sehr kleine leuchtende Teilchen, welche an Zahl schnell zunehmen. Nach kurzer Zeit erscheinen auch grosse Teilchen, welche das Gesichtsfeld hell erleuchten, und welche, wenn im Okular ein Nicol eingeschaltet wird, ein flimmerndes Aussehen zeigen, was auf eine kristallinische Natur derselben hindeutet. Bei der mikroskopischen Analyse der an den Wänden ausgeschiedenen Schwefelkrusten, welche von fast reinweisser Farbe sind, zeigen diese eine Unzahl äusserst kleiner winziger Körnchen, welche deutlich kristallinisch sind, obwohl die Kristallform sich bei der verwendeten Vergrösserung (1200-fach) nicht sicher bestimmen liess. Wahrscheinlich sind sie jedoch rhombisch.

Von Interesse ist ferner, dass der auf diese Weise ausgeschiedene α -Schwefel im Gegensatz zu dem in gewöhnlicher Weise durch Elektrolytenzusatz gebildeten Koagulum fast nur einen verschwindend kleinen Teil der vorhandenen Base adsorbiert, wie aus folgender Analyse hervorgeht:

Analyse.

0,2932 g Schwefel gaben nach Verbrennung 0,0005 g Rückstand.

Der so analysierte Schwefel wurde durch Zusatz von schwacher Natronlauge zu einem chlornatriumhaltigen Sol erhalten. Nach 24 Stunden wurde die Flüssigkeit zentrifugiert und der aus α -Schwefel bestehende Bodensatz nach Auspressen der Flüssigkeit auf dem Wasserbade getrocknet.

Wie der Mechanismus dieser Umwandlung in letzter Instanz zu erklären ist, ob es sich um eine rein katalytische Wirkung des Alkalis handelt oder nicht, möge einstweilen dahingestellt bleiben. Im folgenden soll nur die Einwirkung der Konzentration des Alkalis sowie der Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Umwandlung ein wenig näher studiert werden.

Es ist klar, dass wir den Verlauf der Umwandlung $S_\mu \rightarrow S_\lambda$ nicht in den dispersen Teilchen und somit auch die Geschwindigkeit der Reaktion zahlenmässig nicht verfolgen können, sondern uns damit begnügen müssen, die Zeit, welche nach der Alkalisierung der Flüssigkeit vergeht, bis die Umwandlung sichtbar wird, in dem einen oder anderen Falle zu bestimmen. Dies stösst aber insofern auch auf Schwierigkeiten, als die Trübung nicht plötzlich, sondern erst allmählich auftritt,

und es ist daher schwierig, einen bestimmten Opaleszenzgrad als Norm aufzustellen. Obgleich die Genauigkeit dieser Messungen hinter denen der früher angegebenen Koagulationsmessungen (Tab. 50—54, 56 u. a.), wobei auch eine Trübung als Kriterium einer Veränderung angesehen wurde, zurücksteht, ergeben die Messungen doch ziemlich gesetzmäßige Beziehungen, weshalb sie hier Erwähnung finden mögen.

Die Versuche wurden einfach so ausgeführt, dass in ein Reagensglas gewisse Volumina 0,1-normaler Natronlauge, Wasser und neutral reagierendes Sol zusammengebracht wurden. Das Sol wurde zuletzt eingespritzt und die Proben dann geschüttelt. In dem Momente des Zusatzes wurde eine sogenannte »Rennuhr« in Gang gesetzt, welche, sobald die Trübung deutlich hervorgetreten war, arretiert wurde. Je länger die Zeit bis zum Auftritt dieser Trübung ist, um so langsamer tritt die Trübung hervor, und es wächst die Schwierigkeit, die Zeit richtig zu bestimmen. Die Schwefelkonzentration der Sole bei der Trübung war stets dieselbe oder $\frac{0,027 \text{ g}}{100 \text{ ccm}}$. Die Versuchsergebnisse finden sich in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tab. 62.

Einwirkung des Alkaligehaltes auf die Zerstörung der Sole infolge der Umwandlung $S_\mu \rightarrow S_\lambda$ bei 20°.

Zugesetzte Natronlauge ccm	Zugesetztes Wasser ccm	Zugesetztes Sol ccm	Konz. der Natronlauge in Millimol pro Liter	Zeit in Minuten bis zum Trübwerden	
				beobachtet	berechnet
2	16	2	10	c:a 100	100
3	15	2	15	» 60	53
4	14	2	20	» 35	34
5	13	2	25	» 20	24
8	10	2	40	12—13	12
9	9	2	45	10	9,5
10	8	2	50	6,5	8
14	4	2	70	5	4,7
15	3	2	75	4,5	4,3
16	2	2	80	4	3,8
18	0	2	90	3	3,2

Die verwendete Natronlauge war 0,1-normal.

Da dieser Zuwachs der Geschwindigkeit, mit welcher die Zerstörung bemerkbar wird, mit wachsendem Alkaligehalt exponentialer Natur zu sein scheint, wurden zu einer diesbezüglichen Prüfung die gewöhnlichen Logarithmen der Alkalikonzentration und die der Zeit auf Koordinatenpapier abgetragen, wobei tatsächlich eine fast gerade Linie erhalten wurde. Es wurden dann die Konstanten dieser Geraden graphisch bestimmt und gefunden, dass, wenn τ die Zeit bis zum Trübwerden in Minuten und C die Alkalikonzentration in Millimol pro Liter bedeutet, die Gleichung folgendermassen lautet:

$$\log \tau = 1,5686 (2,275 - \log C).$$

Die nach dieser Formel berechneten Zeiten sind in der letzten Kolumne der Tabelle aufgeführt und zeigen, in Anbetracht der grossen

Tab. 63.

Einwirkung von Alkalien auf die Zerstörung der Sole infolge der Umwandlung $S_\mu \rightarrow S_\lambda$ bei 20° .

Verwendete Base	Zugesetztes Volumen der Base ccm	Zugesetztes Wasser ccm	Zugesetztes Sol ccm	Konz. der Base in Millimol pro Liter	Zeit in Minuten bis zum Trübwerden	
					beobachtet	berechnet
LiOH	5	13	2	25	c:a 25	24
»	8	10	2	40	14	12
»	10	8	2	50	9	8
»	14	4	2	70	6	4,7
»	18	0	2	90	4	3,2
KOH	5	13	2	25	23—25	24
»	8	10	2	40	11	12
»	10	8	2	50*	7	8
NH ₄ OH	10	8	2	50	} > 1000	8
»	15	3	2	75		4,3
»	18	0	2	90		3,2

Sämtliche Basen wurden in 0,1-normaler Konzentration verwendet.

* Der geringen Schwefelkonzentration wegen gelingt es, die Kaliumionen-Konzentration, ohne reversible Koagulation hervorzurufen, noch bis zu diesem Wert zu steigern. Bei noch grösserem Zusatz der Lauge tritt Koagulation ein.

Versuchsfehler bei der Bestimmung von τ , eine recht befriedigende Übereinstimmung mit den beobachteten. Die obige Gleichung lässt sich auch schreiben:

$$\frac{1}{\tau} = \text{Konst. } C^{\alpha},$$

wo die Konstanten für den Fall, dass τ in Minuten und die Alkalität C in $\frac{\text{Millimol}}{\text{Liter}}$ ausgedrückt werden, die Werte: Konst. = $27,07 \cdot 10^{-5}$ und $\alpha = 1,5686$ besitzen.

Um auch die Wirkung einiger anderen Basen zu erforschen, wurden die in Tab. 63 angeführten Versuche gemacht, welche in derselben Weise wie die in Tab. 62 mitgeteilten ausgeführt wurden.

Die berechneten Zeiten sind nach dem für Natriumhydroxyd gefundenen Werte der Konstanten der Formel berechnet, und die beobachteten Werte zeigen innerhalb der Fehlergrenzen für die mit Natriumhydroxyd ungefähr gleichstarken Hydroxyde des Lithiums und Kaliums Übereinstimmung mit den für Natriumhydroxyd gefundenen. Dagegen erfordert Ammoniak als eine schwache Base bedeutend grössere Zeit, um die Umwandlung zu bewirken.

Dies deutet darauf hin, dass es hier die Hydroxylionen sind, welche die Umwandlung $S_{\mu} \rightarrow S_k$ verursachen. Wir begegnen hier dem Fall, dass die OH' -Ionen, obgleich sie als negative auf den Solzustand stabilisierend wirken sollten, dadurch, dass sie die disperse Phase verändern, auf das Kolloid zerstörend wirken.

Von einem Einfluss der Kationen, wie dies bei der reversiblen Elektrolytkoagulation stark hervortritt, lässt sich hier nichts bemerken.

* *

Gehen wir jetzt zu den Versuchen, den Temperatureinfluss auf die Umwandlungsgeschwindigkeit zu bestimmen, über.

Jede Probe hatte hier die Zusammensetzung: 9 ccm 0,1-normales $\text{NaOH} + 9$ ccm $\text{H}_2\text{O} + 2$ ccm Sol, und die Konzentration der Natronlauge betrug somit 45 Millimol pro Liter. Die Mischung von Alkalilauge und Wasser wurde im Reagensglas aufbewahrt und in ein grosses, als Thermostat dienendes Becherglas eingetaucht, dessen Temperatur während des Versuches konstant gehalten wurde. Das Sol wurde,



im Kölbchen aufbewahrt, ebenfalls in den Thermostat gebracht. Nachdem eine bestimmte Temperatur erreicht war und die Temperaturengleichung stattgefunden hatte, wurden schnell die 2 ccm Sol in die Lauge gespritzt, die Rennuhr in Gang gesetzt, und das Reagensglas rasch durchgeschüttelt, wonach abgewartet wurde, bis Trübung auftrat, wobei die Rennuhr arretiert wurde. Es wurde angestrebt, den gleichen Grad der Trübung wie in der vorhergehenden Versuchsreihe als Kriterium der Umwandlung zu betrachten. Wie aus der Tab. 64, wo die Resultate zusammengestellt sind, ersichtlich ist, vermindert sich diese Zeit mit der Temperatur sehr schnell.

Hier tritt jedoch bei den höheren Temperaturen eine ganz neue Erscheinung auf, indem der Schwefel in der Lauge zu Alkalisulfid oder Polysulfid gelöst wird. Innerhalb des Temperaturgebietes 40° — 60° kann man sehr wohl beobachten, dass zuerst eine Trübung infolge Ausscheidung von S_2 entsteht, die sodann allmählich unter Gelbfärbung der Flüssigkeit verschwindet. In der entstandenen Flüssigkeit ist jetzt jede Spur von kolloidem Schwefel verschwunden; statt dessen kann man das Vorhandensein von Sulfidionen mit üblichen Reagentien leicht konstatieren.

Tab. 64.

Einwirkung der Temperatur auf die Zerstörung der Sole infolge der Umwandlung $S_{\mu} \rightarrow S_2$ bei Alkaligehalt 0,045-normal.

Temperatur in C-Graden	Zeit in Minuten bis zum Trübwerden	
	beobachtet	berechnet
5	70—80	70
10	35—30	38
15	18—20	20
20	10	10,8
27	5 à 6	4,5
33	3	2,1
40	schwer fest- zustellen	0,9

Je höher die Temperatur, um so schwieriger wird es, den Eintritt der Trübung zu konstatieren, und oberhalb 60° bemerkt man nur vorübergehend eine rötlichere Nuancierung, ehe die Farbe infolge Sulfidbildung in starkes Gelb umschlägt. Bei höheren Temperaturen ist die Geschwindigkeit, womit die Teilchen im Alkali chemisch gelöst werden, demnach grösser als der Zusammentritt der S_2 -Teilchen zu grösseren Komplexen, während bei tieferen Temperaturen der erstere Vorgang sehr langsam verläuft.

Die Resultate der Messungen sind in Tab. 64 wiedergegeben.

Sucht man den Verlauf rechnerisch zu bestimmen, so ergibt eine graphische Prüfung, dass die Gleichung

$$\ln \tau = (39 - t)^{1/8},$$

wo τ die Zeit in Minuten und t die Temperatur in C-Graden bedeutet am besten geeignet ist, die Versuchsergebnisse wiederzugeben. Die in der Tabelle angeführten, berechneten Zeiten sind nach dieser Gleichung erhalten worden. Die Konstanten der Gleichung sind hier graphisch bestimmt worden.

Obige Gleichung lässt sich auch

$$\frac{1}{\tau} = \text{Konst. } e^{\beta t}$$

schreiben, wo e die Basis des natürlichen Logarithmensystems ist und wenn wir τ und t in den oben angegebenen Massen ausdrücken, bekommen die Konstanten die Werte: Konst. = $75,463 \cdot 10^{-4}$, und $\beta = 1/8$.

13.

Veränderungen der Sole infolge Bildung von Schwefelverbindungen.

Es ist ja klar, dass der Schwefel im kolloiden Zustand infolge seiner grossen Zerteilung und der dadurch bedingten bedeutenden Oberfläche eine dem gewöhnlichen Schwefel gegenüber grössere chemische Reaktionsfähigkeit zeigen muss.

So verhält sich, wie im geschichtlichen Teil schon erwähnt worden, nach den Untersuchungen RAFFO u. PIERONI's [65] der kolloide

Schwefel gegenüber Silbernitrat oder -Sulfat wie ein energisches Reduktionsmittel und wandelt sich schnell in Schwefelsilber um, während der nicht kolloide Schwefel kaum imstande ist, sich mit Silbernitrat zu Schwefelsilber umzusetzen.

Bei der Fortsetzung dieser Untersuchungen über die chemischen Wirkungen des kolloiden Schwefels konnte RAFFO [80] auch die Reduktion der Jodsäure durch kolloiden Schwefel feststellen. Da diese Arbeiten RAFFO's noch nicht beendet zu sein scheinen, habe ich mich mit den rein chemischen Wirkungen der Schwefelhydrosolen nicht näher beschäftigt.

Nur einige, in rein kolloidchemischer Hinsicht interessante Beobachtungen mögen hier Erwähnung finden. Es wurde nämlich gefunden, dass sich vermittelt des kolloiden Schwefels leicht kolloide Lösungen der Edelmetallsulfide darstellen lassen.

Die Bedingung für Entstehung der Sole ist nur die, dass beim Vereinigen der reagierenden Lösungen (kolloider Schwefel + Lösung der Metallsalze) diese genügend verdünnt sind.

Man geht am zweckmässigsten von $< 0,001$ -normalen Salzlösungen aus, welche mit etwa $0,05\%$ -igen Schwefelhydrosolen zusammengebracht werden¹. Nach einiger Zeit ($\frac{1}{4}$ —1 Stunde) bemerkt man, dass die farblose Flüssigkeit eine gelbliche oder braunrote Nuance anzunehmen beginnt, und nach ein bis zwei Tagen sind dunkelgefärbte braune Sulfidsolen gebildet. Ihrem äusseren Aussehen nach stimmen sie mit den von C. WINSSIGER² durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in verdünnte Edelmetallsalze dargestellten Solen überein. Ob sie wirklich mit diesen identisch sind, oder ob die Schwefelteilchen nur auf der Oberfläche mit einer Schicht von Metallsulfid bedeckt sind und im Innern aus elementarem Schwefel bestehen, konnte nicht festgestellt werden.

Es wurden zur Darstellung dieser Sole Lösungen von Goldchlorid, Platinchlorwasserstoffsäure und Silbernitrat verwendet. Bei der Darstellung von Silbersulfidsol muss man Schwefelhydrosolen, welche

¹ Verwendet man die Schwefelhydrosolen in mit den Metallsalzen äquivalenter Konzentration, so gelingt die Solbildung nicht gut, weshalb der kolloide Schwefel möglicherweise als Schutzkolloid den Sulfidsolen gegenüber zu betrachten ist.

² Recherches sur l'état colloïdal. Bull. Acad. roy. Belg. (3.) **15**, 390—406 (1888); Bull. Soc. chim. de Paris (2) **49**, 452—457 (1888).

chlorfrei sind, verwenden, da sonst die Sole vom Chlorsilbersol¹ verunreinigt werden. Die Reaktion geht am leichtesten mit Goldchlorid von statten; im übrigen scheinen die erhaltenen Sole ziemlich gleichartig zu sein.

Sie sind sämtlich gegen Kochen beständig, werden aber durch Elektrolyte völlig irreversibel koaguliert und scheinen auch beim Aufbewahren Veränderungen zu unterliegen.

Von Interesse ist es auch dass man durch Verwenden von Schwefelhydrosolen verschiedener Dispersität sowohl indirekt aus der dunkleren oder helleren Farbe, dem mehr oder weniger trüben Aussehen im reflektierten Licht, als auch durch ultramikroskopische Beobachtungen der entstandenen Sulfidsole feststellen konnte, dass die Dispersität derselben mit der Dispersität der Ausgangssole ab- oder zunimmt. Durch Verwenden einer Reihe von Fraktionen der Schwefelhydrosole von variierender Teilchengrösse kann man somit eine Reihe Sulfidsole mit verschieden grossen Teilchen bekommen.

Ob die mittlere Teilchengrösse der Sulfidsole mit der der als Ausgangsmaterial dienenden Schwefelhydrosole übereinstimmt, scheint jedoch zweifelhaft. Es schien eher, als ob eine gewisse Dispersitätsverminderung mit der Umwandlung verbunden wäre. Da die nähere Untersuchung dieser Sole der Edelmetallsulfide ausserhalb des Rahmens dieser Monographie liegt, soll hier auf die nähere Beschreibung derselben nicht eingegangen werden.

14.

Theoretisches über die Elektrolytkoagulation.

Im Vorhergehenden ist über die experimentellen Resultate meiner Untersuchungen über die reversible Elektrolytfällung der Schwefelhydrosol berichtet worden, ohne dass die theoretische Seite näher berührt worden ist; es erübrigt daher in diesem Abschnitt, die Stellung dieser Forschungsergebnisse zu den vorhandenen Theorien ein wenig näher zu erörtern.

Die Frage nach der Natur und dem genaueren Verlauf des Koagulationsvorgangs muss als eine der wichtigsten der ganzen Kolloidchemie betrachtet werden, und eine völlige Aufklärung dieser Phänomene würde uns manche Eigentümlichkeiten des kolloiden Zustands verstehen lassen.

Trotz der zahlreichen Arbeiten mehrerer Forscher muss man jedoch sagen, dass eine alle die hier auftretenden Eigentümlichkeiten aufklärende Theorie noch nicht geschaffen worden ist, und obgleich die hier bei den Schwefelhydrosolen beobachteten Regelmässigkeiten, sowie vor allem der reversible Charakter des Verlaufs besonders geeignet erscheinen, eben diese Sole als brauchbare Versuchsobjekte zu verwenden, so besitzen die bisherigen Experimente kaum einen solchen Umfang, dass auf Grund derselben eine allgemeine Theorie aufgestellt werden könnte.

Es herrscht auf dem Gebiete der Theorien des Koagulationsverlaufs eine grosse Neigung, die bei einem oder einigen Solen gefundenen Resultate ohne weiteres auf andere zu übertragen, und daher kommen vielleicht die grossen Widersprüche, denen wir in dieser Hinsicht begegnen, wenn wir uns eine allgemeine Auffassung über die Koagulation verschaffen wollen.

Verfasser muss sich in dieser Beziehung der Meinung anschliessen, dass zur Aufklärung der hierher gehörigen Fragen ein genaueres Studium der individuellen Eigenschaften der einzelnen kolloiden Systeme nötig ist.

In Anbetracht dieses Umstandes scheint es mir hier am zweckmässigsten, die vorhandenen Theorien in Bezug auf ihre Brauchbarkeit zur Erklärung der hier bei dem kolloiden Schwefel gefundenen

Tatsachen zu untersuchen. Es ist hier schliesslich der Versuch gemacht worden, durch einige Zusätze eine dieser Theorien den experimentellen Befunden anzupassen, ohne dass damit gesagt werden soll, dass diese Auffassung die endgültig richtige sei.

Es würde zu weit führen, eine ausführlichere Besprechung der verschiedenen Theorien zu bringen, um so mehr als eine kritische Untersuchung und Besprechung der Stabilitätstheorien hier schon vorher von THE SVEDBERG vorgenommen worden ist¹. Es mag daher bezüglich des Weiteren auf diese vorzügliche Zusammenstellung sowie auf die Originalabhandlungen verwiesen werden.

Die Unzweckmässigkeit der von STINGL und MORAWSKI [32] aufgestellten Theorie der Salzkoagulation des kolloiden Schwefels wurde schon im geschichtlichen Teil, S. 21 erwähnt und braucht hier nicht mehr erörtert zu werden.

Ebenso ist die Unzulänglichkeit der älteren Theorien, wie der von THOULET, von SCHEERER, der Luftblasentheorie von STARK u. a., schon mehrmals von früheren Forschern dargetan worden, und diese dürften hier, da sie kein Licht auf die Schwefelkoagulation werfen, nicht weiter erwähnt zu werden brauchen.

Was die Theorien von HARDY und BREDIG betrifft, so sind die von ihnen vertretenen Ansichten und Vorstellungen teilweise später in die FREUNDLICH'sche Theorie aufgenommen worden und brauchen nicht einzeln besprochen zu werden.

Von der grossen Anzahl anderer Theorien, die von einzelnen Forschern an speziellen Systemen entwickelt worden sind, und die für die in Frage stehenden Sole keine Bedeutung zu besitzen scheinen, habe ich ganz abgesehen.

Nur die wichtigsten Theorien: BILLITZER's und FREUNDLICH's, sollen daher auf ihre Brauchbarkeit für die Koagulation der Schwefelhydrosole näher besprochen werden.

Nach der Theorie BILLITZER's² soll bei der Koagulation das Elektrolytion von entgegengesetzter Ladung die Rolle eines Kondensationskerns für die Kolloidteilchen spielen, wovon viele sich um das Elektrolytion scharen, bis der gesamte Komplex elektrisch neutral wird. Wenn

¹ Nova Acta Reg. Soc. Scientiarum Ups. (4) 2, Nr. 1, S. 93 ff.

² J. BILLITZER: Eine Theorie der Kolloide und Suspensionen. Zeitschr. f. physik. Chem. 45, 307—330 (1903).

die Komplexe, welche sich auf diese Weise bilden, genügend gross sind, sollen sie infolge ihrer Schwerkraft ausfallen.

Sehen wir nun zu, ob sich dies mit den hier gefundenen Tatsachen in Übereinstimmung bringen lässt. Aus der Tab. 41 auf S. 132 geht hervor, dass pro 100 g submikroskopischen Schwefels 2,79 g Chlornatrium im Koagulum gebunden werden. Setzen wir als Mass für den Teilchendiameter dieser Fraktion (0,10—0,08) 100 $\mu\mu$ an, was sicherlich zu klein ist, so können wir, wenn wir uns die Teilchen sphärisch vorstellen, zur Ermittlung der Teilchenzahl, n , in diesen 100 g Schwefel die Gleichung aufstellen:

$$n \cdot \frac{4}{3} \pi (50 \cdot 10^{-7})^3 \cdot d = 100,$$

wo d die Dichte des Schwefels bedeutet, oder wenn wir $d = 2$ setzen und die Gleichung nach n auflösen:

$$n = \frac{3}{\pi} \cdot 10^{17} = 0,955 \cdot 10^{17}.$$

Wenn wir die *Avogadro'sche* Konstante N (Zahl der in einem Gramm-molekül eines Stoffes vorhandenen Moleküle) gleich $6 \cdot 10^{23}$ setzen, entsprechen 2,79 g Chlornatrium $\frac{2,79}{58,46} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 2,863 \cdot 10^{22}$ Salzmolekülen.

Das ergibt somit pro Schwefelpartikel $\frac{2,863 \cdot \pi \cdot 10^{22}}{3 \cdot 10^{17}} = 3 \cdot 10^5$, also mindestens 100 000 Salzmoleküle.

Hieraus kann man schliessen, dass sich bei der Koagulation die Schwefelteilchen nicht (im Sinne der BILLITZER'schen Theorie) um die Salzmoleküle bzw. Kationen lagern, sondern dass sich die umgekehrte Auffassung: dass es die Salzmoleküle, bzw. Kationen, sind, welche sich in grosser Menge um die Schwefelteilchen scharen, viel besser den experimentellen Befunden anschliesst.

Dies ist ohne jede Vorstellung von der Natur dieser Anhäufung gültig. Stellt man sich übrigens auf den Standpunkt, dass diese Anhäufung durch eine Entladung der Kolloidteilchen durch die Ionen verursacht wird, so folgt schon aus der atomistischen Struktur der Elektrizität, dass die BILLITZER'sche Theorie unrichtig ist. Denn ein Ion besitzt, wenn es sich um Alkalisalze handelt, ein Elektron, und kein

Kolloidteilchen kann eine kleinere Ladung als ein Elektron besitzen. Folglich wird ein Ion in diesem Falle nur höchstens ein Kolloidteilchen entladen. Höherwertige Ionen vermögen aus analogen Gründen höchstens vier Kolloidteilchen zu entladen.

Fassen wir diese Anhäufung von Salzmolekülen als eine Adsorption auf, so steht dies alles in gutem Einklang mit der FREUNDLICH'schen¹ Theorie von der Koagulation, auf welche wir nun näher eingehen.

Der wesentlichste Punkt dieser Koagulationstheorie ist, dass die geladenen Kolloidteilchen infolge Adsorption des Ions mit entgegengesetzter Ladung entladen werden und dadurch, da beim Zusammenstoß der Teilchen keine repellierenden Kräfte vorhanden sind, zu grösseren Aggregaten (Koagulationsflocken) zusammentreten.

FREUNDLICH nimmt ferner an, dass die zwei Ionen des Elektrolyts unabhängig von einander adsorbiert werden.

Wie diese Entladung der Kolloidteilchen infolge Adsorption vor sich geht, wird nicht ganz klar auseinandergesetzt. Seine Auffassung ist, »dass eine vorhandene Doppelschicht durch eine entgegengesetzt gerichtete aufgehoben wird, die durch die Adsorption der Ionen des zugesetzten Elektrolytes entsteht«².

Zu der FREUNDLICH'schen Theorie stimmen ja obige Befunde bezüglich der bei der Koagulation pro Schwefelteilchen gebundenen Anzahl Salzmoleküle recht gut. Ebenso lassen sich die im Abschnitt 1 und 4 wiedergegebenen Eigentümlichkeiten der Einwirkung von Säuren durch Annahme einer Adsorption gut erklären.

FREUNDLICH nimmt ja an, dass jedes Ion in einer für dasselbe charakteristischen Weise adsorbiert wird, und dass wir je nach der Stärke, womit Kation und Anion adsorbiert werden, mehrere Fälle zu unterscheiden haben.

Nehmen wir der Einfachheit wegen die vielverwendete alte Adsorptionsformel:

$$\frac{x}{m} = a c^b \text{ als gültig an, wo } \frac{x}{m} \text{ die pro Gewichtseinheit}$$

¹ H. FREUNDLICH. Kapillarchemie (Leipzig 1909); Zeitschr. f. physik. Chem. **73**, 385 (1910); Koll.-Zeitschr. **7**, 193—195 (1910).

² Kapillarchemie (Leipzig 1909), S. 347.

Adsorbens adsorbierte Menge, c die Gleichgewichtskonzentration der Lösung, α und β zwei Konstanten sind, und betrachten wir nun von dieser Theorie aus die im Abschnitt 1 und 4 gefundenen Resultate näher.

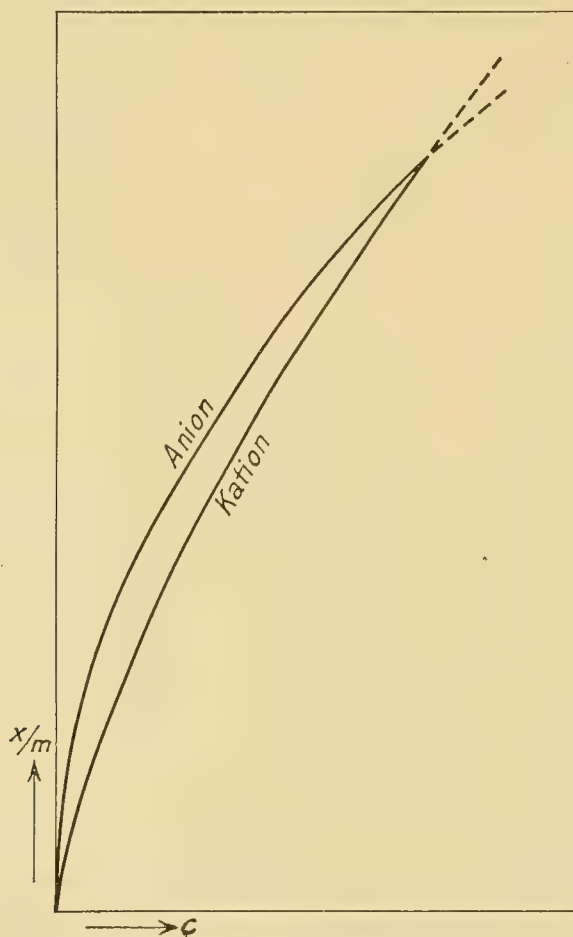


Fig. 22.

Schematische Darstellung der Adsorption von Anion und Kation eines Elektrolyts.

ferner an, dass wir in diesem Moment von einem anderen Elektrolyt zusetzen, z. B. Chlorwasserstoffsäure, deren Adsorptionskonstanten α_K^1 und β_K^1 für das Kation viel geringer sind als die entsprechenden Konstanten des Chlornatriums α_K und β_K , deren Adsorptionskonstanten α_A und β_A aber für das Anion dieselben sind, da ja das Anion dasselbe wie das des

Nehmen wir an, dass die Adsorptionskonstanten für das Anion α_A und β_A und für das Kation α_K und β_K sind, und zudem, was vorläufig nur hypothetisch ist, dass

$$\alpha_A > \alpha_K, \text{ aber } \beta_A < \beta_K \text{ ist.}$$

Wenn wir unter diesen Voraussetzungen, wie dies in Fig. 22 ausgeführt worden ist, die Adsorptionsisothermen für die beiden Ionen schematisch aufzeichnen, so finden wir, dass für schwächere Salzkonzentrationen die Anionen stärker als die Kationen adsorbiert werden, um bei stärkerer Konzentration stets vom Kation übertroffen zu werden.

Denken wir uns nun ein Salz zum Sol gesetzt und die Konzentration des Salzes, z. B. Chlornatrium, so weit gesteigert, dass durch das Überwiegen der Kationenadsorption eben die Teilchen entladen werden und zu koagulieren beginnen. Nehmen wir

Chlornatriums ist, so kann jetzt die Anionenwirkung in einem gewissen Konzentrationsgebiet überwiegen und die Teilchen wieder laden, d. h. die Koagulation beseitigen, und es ist, um Koagulation zustande zu bringen, ein erneuter Zusatz von Chlornatrium nötig. Wenn wir bei allen Elektrolyten β_K den Schwefelteilchen gegenüber für grösser als β_A ansehen, muss auch schliesslich die Adsorption der Kationen überwiegen und auch HCl schliesslich in grosser Konzentration koagulierend wirken.

Es sind ja diese Annahmen infolge Mangels an Methoden, die Adsorption einzelner Ionengattungen zu bestimmen, rein hypothetischer Natur; sie leisten aber zur Erklärung der Beobachtungen recht gute Dienste. Der Verlauf ist ja oben stark schematisiert und vereinfacht. In Wirklichkeit dürften die verschiedenen Ionen ihre Adsorption gegenseitig beeinflussen (vgl. S. 134), vielleicht auch verdrängend auf einander wirken, wodurch die Verhältnisse sich komplizieren¹.

Die Adsorptionstheorie scheint auch die Steigerung der Schwellenwerte mit der Temperatur (Abschn. 9) zu erklären.

Obschon sehr wenige Messungen über die Adsorption in wässrigen Lösungen bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt sind, deuten doch die wenigen vorliegenden Messungen darauf hin, dass ähnlich wie bei Gasen die Adsorption bei Temperatursteigerung abnimmt².

Wenn wir dies für den vorliegenden Fall generalisieren, so müsste bei erhöhter Temperatur c , d. h. die Gleichgewichtskonzentration der Lösung, grösser sein, um dieselbe Menge adsorbiertes Salz auf die Teilchen zu bekommen wie bei niedrigerer Temperatur. Da die Entladung der Teilchen durch die adsorbierten Kationen verursacht werden soll, muss man ja hieraus folgern, dass die Schwellenwerte sich bei Temperatursteigerung vermindern. Man muss aber im Auge behalten, dass sich die Anion- und die Kationadsorption durch Temperatursteigerung vielleicht nicht in gleichem Masse verändern, so dass sichere Schlüsse hieraus allerdings nicht gezogen werden können.

FREUNDLICH hat seine Theorie wesentlich an irreversibel koagulierenden Solen geprüft und dabei für die Leichtmetallsalze gefunden,

¹ Vgl. G. C. SCHMIDT: Über Adsorption von Lösungen. Zeitschr. f. physik. Chem. 74, 689—737 (1910).

² FREUNDLICH, Kapillarchemie (Leipzig 1909), S. 169 ff.

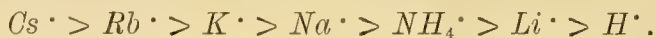
dass sie in äquivalenten Konzentrationen gleich stark fällend wirken, wonach sich die Alkalikationen ungefähr gleich stark adsorbieren sollten.

Diese Annahme muss man, wenn man die FREUNDLICH'sche Adsorptionstheorie auf die Schwefelhydrosole anwenden will, ganz fallen lassen.

Denn da einerseits aus der Tab. 45 hervorgeht, dass die Alkalisalze in fast äquivalenten Mengen von den Schwefelteilchen gebunden werden, andererseits aus der Tab. 56, dass sich die zur Koagulation erforderlichen Salzkonzentrationen, in Mol gerechnet, in einer Reihe:



ordnen lassen, so folgt daraus notwendig, dass die Endglieder der Reihe viel stärker adsorbiert werden als die Anfangsglieder. Wenn wir von der Adsorption der Anionen absehen und die Kationen nach ihrer »Adsorptionsaffinität« ordnen, erhalten wir somit:



Es liegt also hier eine gewisse Analogie zu den Affinitätsreihen gewisser chemischen Verbindungen vor, wo oft mit zunehmendem Atomgewicht des einen Elements innerhalb einer Gruppe die Affinität einem anderen Element gegenüber zu- oder abnimmt¹.

* *

Eine Schwierigkeit, der wir bei der Anpassung der FREUNDLICH'schen Theorie auf die Schwefelhydrosole begegnen, ist, dass sowohl Koagulum als die nach der Koagulation überstehende Flüssigkeit neutrale Reaktion zeigen. Da die Entladung der negativen Teilchen wesentlich durch die adsorbierten Kationen verursacht wird, sollte man

¹ Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich auch bei den von N. Pappadà besonders studierten Fällungsreihen der Salze gegenüber kolloider Kieselsäure, Eisenoxyd, Silber u. a. um eine ähnliche Adsorptionsaffinität. Die von ihm gegebene Erklärung der verschiedenen Diffusionsgeschwindigkeit der Ionen passt auf den vorliegenden Fall nicht, denn bei der grossen Beweglichkeit der H-Ionen sollten die Säuren besonders grosse Koagulationswirkung im Vergleich mit anderen Elektrolyten ausüben, was nicht der Fall ist.

Bei den Eiweisstoffen könnte auch eine ähnliche Auffassung Verwendung finden, obgleich vielleicht die Verhältnisse dort sich komplizierter gestalten, worauf näher einzugehen hier nicht der Ort ist.

vermuten, dass das Koagulum mehr von Kationen als von Anionen mitgerissen und eine den neutralisierenden Kationen äquivalente Säuremenge in der über dem sich absetzenden Koagulum befindlichen Flüssigkeit entstehen würde. Eine solche, auch von FREUNDLICH angenommene, und bei irreversibler Koagulation auch gefundene, »Trennung der Ionen des fällenden Elektrolytes«¹ konnte hier nicht nachgewiesen werden.

Wie dies mit der Theorie in Einklang zu bringen ist, lässt sich jetzt kaum sagen. Es zeigt sich jedoch, dass die FREUNDLICH'sche Theorie in ihrer gegenwärtigen Form, wennschon sie über manches bei der Koagulation der Schwefelhydrosole ziemlich gute Aufklärung gibt, sich doch nicht ohne weiteres mit den experimentellen Befunden ganz in Einklang bringen lässt.

Zur Zeit ist das experimentelle Material auf diesem schwierigen Gebiete der Kolloidchemie kaum umfangreich und vielseitig genug, um uns eine allgemeine, die gesamten Koagulationserscheinungen umfassende Theorie liefern zu können.

Es scheint jedoch, als ob wir in dem Gewirr aller Hypothesen und Spekulationen zur Erklärung dieser Koagulationsphänomene in den von HARDY, BREDIG und FREUNDLICH aufgestellten Hypothesen die Richtlinien für eine künftige allumfassende Theorie vor uns hätten.

Wie die grössere Empfindlichkeit der grösseren Teilchen, verglichen mit der der kleineren, koagulierenden Elektrolyten gegenüber theoretisch zu erklären ist, darüber dürfte man bis jetzt am besten tun, sich bestimmter Äusserungen zu enthalten² und sie vorläufig nur als eine experimentell sichergestellte Tatsache zu betrachten.

Von Bedeutung ist aber, dass diese verschiedene Empfindlichkeit der Teilchen zusammen mit der Verschiebung der Schwellenwerte mit der Temperatur und der Notwendigkeit, die von den koagulierenden Schwefelpartikeln gebundenen Salzmengen wieder zu ersetzen, um bei konstanter Temperatur und konstanter Dispersität die Koagulation fortschreiten zu lassen, die verschiedenen, oft ziemlich komplizierten Gleichgewichtskurven bei quantitativer Verfolgung der Koagulation in ungezwungener Weise verständlich machen dürfte.

¹ Kapillarchemie (Leipzig 1909), S. 356.

² Vgl. [77, 78] sowie BILLITZER, a. a. O.

UEBER
EINE SYMMETRISCHE DARSTELLUNG
EINIGER
IN DER THEORIE DER ELLIPTISCHEN FUNKTIONEN
VORKOMMENDEN WURZELGRÖSSEN

VON

M. FALK.

(DER KÖNIGLICHEN SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETHEILT AM 7. FEBRUAR 1913.)

UPSALA
AKADEMISCHE BUCHHANDLUNG A.-G.

UPSALA 1913
DRUCK DER AKADEMISCHEN BUCHDRUCKEREI
EDV. BERLING.

Einleitung.

Die in der WEIERSTRASS'schen Theorie der elliptischen Funktionen vorkommenden Grössen e_1 , e_2 , e_3 ergeben die sechs Differenzen:

$$\left. \begin{array}{l} e_2 - e_3, \quad e_3 - e_1, \quad e_1 - e_2, \\ e_3 - e_2, \quad e_1 - e_3, \quad e_2 - e_1. \end{array} \right\} \quad (\text{A})$$

Wir wollen hier in erster Linie die Aufgabe erörtern, die Quadratwurzeln und die vierten Wurzeln dieser sechs Differenzen — als *eindeutige Funktionen gewisser Grössen ω betrachtet* — so zu definieren, dass die *definierenden Ausdrücke, beziehungsweise Gleichungen in dem Sinne sich symmetrisch verhalten, dass sie durch jede Vertauschung von Indices in einander übergehen.*

WEIERSTRASS¹ benutzt die Grössen

$$\omega, \quad \omega', \quad \omega'' (= \omega + \omega')$$

und definiert dann e_1 , e_2 , e_3 als Funktionen von denselben durch

$$\wp(\omega) = e_1, \quad \wp(\omega'') = e_2, \quad \wp(\omega') = e_3,$$

wo $\wp(u)$ seine Funktion $\wp(u | \omega, \omega')$ bezeichnet.

¹ Formeln und Lehrsätze zum Gebrauche der elliptischen Funktionen. Nach Vorlesungen und Aufzeichnungen des Herrn K. WEIERSTRASS bearbeitet und herausgegeben von H. A. SCHWARZ, Artt. 3, 8 und 9. — Auf diese für die Kenntniss der WEIERSTRASS'schen Theorie der elliptischen Funktionen grundwichtige kanonische Arbeit, deren erste Abtheilung schon in zwei schönen Ausgaben vorliegt, werde ich hier mehrmals hinzuweisen haben und bezeichne sie deshalb kurz mit »F. u. L«.

Anstatt ω , ω'' , ω' schreibt er auch ω_1 , ω_2 , ω_3 ¹ und zwar so, dass

$$\omega_1 = \omega, \quad \omega_2 = \omega'', \quad \omega_3 = \omega'.$$

Als Funktionen von ω_1 , ω_2 , ω_3 werden dann eindeutige Ausdrücke für die genannten Wurzeln der sechs Differenzen (A) abgeleitet. Die so erhaltenen Formeln besitzen aber den oben genannten Charakter der Symmetrie nicht.

Die einfachste Art, hier *symmetrische* Beziehungen zu gewinnen, ist zweifellos die von den Herren TANNERY und MOLK gegebene². Sie besteht ganz einfach darin, dass $-\omega_2$ statt ω_2 , also $\omega_2 = -\omega''$ geschrieben worden ist, was die wichtige Relation

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0 \tag{B}$$

ergiebt.

Stillschweigend ist hier natürlich die bekannte Bedingung streng festzuhalten, dass ω_1 und ω_3 von Null verschiedene endliche Werthe besitzen müssen, deren Quotient

$$\frac{\omega_3}{\omega_1}$$

einen *nicht reellen* Werth hat. Hieraus und aus (B) ergibt sich dann, dass die reellen Theile der drei Quotienten

$$\frac{\omega_2}{\omega_3 i}, \quad \frac{\omega_3}{\omega_1 i}, \quad \frac{\omega_1}{\omega_2 i}, \tag{C}$$

welche durch cyklische Vertauschung der Indices in einander übergehen, entweder alle positiv oder alle negativ sind.

In derjenigen Darstellung der Theorie der elliptischen Funktionen, welche an der *École Polytechnique*³ gegeben wird, werden die Be-

¹ F. u. L. Art. 21.

² Précis élémentaire de la Théorie des Fonctions elliptiques par LUCIEN LÉVY, Paris 1898, Seite 222. Auf diese Arbeit, die ich im Folgenden kurz mit »Précis« bezeichne, erlaube ich mir—der Einfachheit halber—hier hinzuweisen, besonders wegen der auf der Seite 222 gegebenen vergleichenden Tabelle mit der Ueberschrift: Comparaison des principales notations du Précis avec celles de quelques Ouvrages. (Discriminant positif).

³ Précis, Seiten VII und 222.

zeichnungen $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ durch

$$\omega_1 = \omega, \quad \omega_2 = \omega', \quad \omega_3 = -\omega''$$

definiert, was offenbar darauf hinausläuft, in den TANNERY—MOLK'schen Bezeichnungen die Indices 2 und 3 mit einander zu vertauschen. Auch hier ist offenbar die Symmetrie zu Wege gebracht, und die reellen Theile der drei Quotienten

$$\frac{\omega_3}{\omega_2 i}, \quad \frac{\omega_1}{\omega_3 i}, \quad \frac{\omega_2}{\omega_1 i} \quad (C')$$

sind entweder alle positiv oder alle negativ. Diese Vertauschung der Indices 2 und 3 — die wahrscheinlich vorgenommen worden ist, damit die Strecke ω_3 auf der positiven (linken) Seite von ω_2 liege, wenn ω_2 auf der positiven (linken) Seite von ω_1 liegt — zieht leider die Folge nach sich, dass man die schon klassisch gewordenen WEIERSTRASS'schen Formeln für mehrere Konstanten und Funktionen mehr als nöthig ändern muss. Da überdies, um die gewünschte Symmetrie herbeizuführen, jene Vertauschung durchaus unnöthig ist, so scheint es also das unbedingt Richtige, bei den TANNERY—MOLK'schen Bezeichnungen stehen zu bleiben, wenn man überhaupt die genannte Symmetrie zu Wege bringen will.

Ich gehe also von der TANNERY—MOLK'schen Annahme:

$$\omega_1 = \omega, \quad \omega_2 = -\omega'', \quad \omega_3 = \omega' \quad (D)$$

aus, wo jedoch diese Grössen eben so allgemein aufgefasst sein sollen, wie es bei WEIERSTRASS der Fall ist.

Wir haben also die Relationen:

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0, \quad (B)$$

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0, \quad (E)$$

wo

$$\wp(\omega_1) = e_1, \quad \wp(\omega_2) = e_2, \quad \wp(\omega_3) = e_3 \quad (F)$$

die Grössen e_1, e_2, e_3 definieren.

Da ferner

$$\frac{\sigma'(u)}{\sigma(u)}$$

eine ungerade Funktion von u ist, so finden wir aus

$$\eta_2 = \frac{\sigma'(\omega_2)}{\sigma(\omega_2)}$$

und $\omega_2 = -\omega''$, dass

$$\eta_2 = -\eta''$$

ist, was also hier als eine *unvermeidliche* Aenderung in den WEIERSTRASS'schen Formeln zu bezeichnen ist und die wichtige Relation:

$$\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 = 0 \quad (G)$$

ergiebt.

Die WEIERSTRASS'schen Funktionen

$$\sigma_1(u), \quad \sigma_2(u), \quad \sigma_3(u),$$

welche durch

$$\sigma_\lambda(u | \omega_1, \omega_3) = \frac{e^{\pm \eta_\lambda u} \cdot \sigma(\omega_\lambda \mp u)}{\sigma(\omega_\lambda)} \quad (H)$$

$$(\lambda = 1, 2, 3)$$

definiert sind, verbleiben hier ungeändert, was für $\lambda = 1, 3$ unmittelbar klar und für $\lambda = 2$ leicht zu beweisen ist.

Hieraus folgt, dass die eindeutige Fixierung von

$$\sqrt{\wp(u) - e_\lambda}$$

durch

$$\sqrt{\wp(u) - e_\lambda} = \frac{\sigma_\lambda(u)}{\sigma(u)}{}^1 \quad (I)$$

$$(\lambda = 1, 2, 3)$$

ebenfalls genau dieselbe bleibt wie bei WEIERSTRASS.

¹ F. u. L. Art. 21.

Schliesslich ergeben sich hier mit Hilfe von (B) und (G) die Relationen:

$$\begin{vmatrix} \omega_2 & \omega_3 \\ \eta_2 & \eta_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \omega_3 & \omega_1 \\ \eta_3 & \eta_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \omega_1 & \omega_2 \\ \eta_1 & \eta_2 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} \varepsilon \pi i, \quad (\text{K})$$

wo $\varepsilon = +1$ oder $= -1$, je nachdem

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 \text{ oder } < 0$$

ist, was die LEGENDRE—WEIERSTRASS'sche Relation:¹

$$\eta \omega' - \eta' \omega = \frac{1}{2} \varepsilon \pi i$$

enthält.

Da, meines Wissens, aus der *hier* gemachten Annahme keine *vollständige* Darstellung der Quadratwurzeln und der vierten Wurzeln der sechs Differenzen (A) gegeben worden ist, so habe ich mir als erste Aufgabe vorgelegt, eine zusammenhängende Entwicklung der betreffenden Resultate zu geben.

Die oben genannte Symmetrie ergibt sehr vortheilhafte Resultate. So hat man unter Anderem gefunden, dass hier mehrere Systeme von Gleichungen so beschaffen sind, dass die Anzahl der Gleichungen eines solchen Systems sich auf ein Drittel oder ein Viertel reduzieren lässt — in dem Sinne natürlich, dass aus der somit erhaltenen kleineren Anzahl von Gleichungen das ganze System durch Vertauschungen von Indices wieder erhalten wird.

Wie schon gesagt, ist also im hier unten folgenden Aufsatze zu zeigen, dass die Gleichungen, aus welchen die Werthe der erwähnten Wurzeln der Differenzen (A) hervorgehen sollen, so bestimmt werden können, dass sie die wesentliche Eigenschaft besitzen, durch Vertauschung von Indices in einander überzugehen. Es werden dann auch — genau wie bei WEIERSTRASS — die Quadratwurzeln *eindeutige* Funktionen der Grössen ω , und die vierten Wurzeln so bestimmt, dass ihre Quadrate den Werthen der entsprechenden Quadratwurzeln gleich werden, und

¹ F. u. L. Art. 7.

dass schliesslich auch jene vierten Wurzeln *eindeutige* Funktionen der Grössen ω werden, sobald man *eine* von ihnen eindeutig fixiert hat¹.

Dann werde ich auch zeigen, dass sich vermittelt der somit erhaltenen Resultate eine in einfache Formeln ausgedrückte *völlig allgemeine* Lösung der wichtigen Aufgabe ergibt: *von einem primitiven Periodenpaare* $(2\omega_1, 2\omega_3)$ *zu irgend einem äquivalenten* $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$ *überzugehen*. Sie ist im unten folgenden Art. IV gegeben und umfasst selbstverständlich alle speciellen Aufgaben dieser Art. Diese Lösung ist unter Anderem aus dem Grunde von Interesse, dass sie die Herleitung der Grundformeln der linearen Transformation der Thetafunktionen wesentlich erleichtert. Sie kann auch in anderen Fragen gute Dienste leisten, worauf jedoch hier nicht eingegangen werden wird.

Wir erinnern nochmals daran, dass hier die behandelten Grössen als *Funktionen von den Grössen* ω betrachtet sind, und dass — da $\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right)$ nie gleich Null sein darf — jene Funktionen keine analytische Fortsetzung von einer Stelle des einen zu einer Stelle des anderen der beiden Bereiche:

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 \quad \text{und} \quad \Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) < 0$$

erlauben.

Den wesentlichen Inhalt des unten folgenden Aufsatzes habe ich im Jahre 1904 in meinen Vorlesungen an der hiesigen Universität gegeben.

¹ F. u. L. Art. 22.

Upsala, Oktober 1912.

I.

Erste Darstellung der Quadratwurzeln und der vierten Wurzeln der Differenzen (A) nebst einigen daraus folgenden Relationen zwischen jenen Wurzeln.

Die in diesem Artikel I aufzuführenden Formeln gelten *unabhängig*
von dem *Vorzeichen* der Grösse

$$\Re \left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i} \right) .$$

Unter λ, μ, ν seien die Zahlen 1, 2, 3 in beliebig ausge-
wählter Reihenfolge verstanden. Die zwei Gruppen

$$\text{und} \quad \left. \begin{array}{l} e_\mu - e_\nu , \quad e_\nu - e_\lambda , \quad e_\lambda - e_\mu \\ e_\nu - e_\mu , \quad e_\lambda - e_\nu , \quad e_\mu - e_\lambda \end{array} \right\} \quad (1)$$

nennen wir die (zu jener Reihenfolge gehörige) erste, beziehungsweise
zweite Differenzengruppe.

Es bestehen hier die Relationen:

$$\wp(\omega_\lambda) = e_\lambda , \quad \wp(\omega_\mu) = e_\mu , \quad \wp(\omega_\nu) = e_\nu , \quad (2)$$

$$\frac{\sigma'(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\lambda)} = \eta_\lambda , \quad \frac{\sigma'(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\mu)} = \eta_\mu , \quad \frac{\sigma'(\omega_\nu)}{\sigma(\omega_\nu)} = \eta_\nu , \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \omega_\lambda + \omega_\mu + \omega_\nu = 0 , \\ \eta_\lambda + \eta_\mu + \eta_\nu = 0 , \\ e_\lambda + e_\mu + e_\nu = 0 ; \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\lambda(u) &= \frac{e^{\pm\eta_\lambda u} \sigma(\omega_\lambda \mp u)}{\sigma(\omega_\lambda)} , \\ \sigma_\mu(u) &= \frac{e^{\pm\eta_\mu u} \sigma(\omega_\mu \mp u)}{\sigma(\omega_\mu)} , \\ \sigma_\nu(u) &= \frac{e^{\pm\eta_\nu u} \sigma(\omega_\nu \mp u)}{\sigma(\omega_\nu)} , \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\sqrt{\wp(u) - e_\lambda} = \frac{\sigma_\lambda(u)}{\sigma(u)} , \quad \sqrt{\wp(u) - e_\mu} = \frac{\sigma_\mu(u)}{\sigma(u)} , \quad \sqrt{\wp(u) - e_\nu} = \frac{\sigma_\nu(u)}{\sigma(u)} , \quad (6)$$

welche für die erwähnten Quadratwurzeln der Differenzen (1) die Ausdrücke:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\mu - e_\nu} &= \frac{\sigma_\nu(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\mu)} = - e^{-\omega_\mu \eta_\nu} \frac{\sigma(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\mu) \sigma(\omega_\nu)} , \\ \sqrt{e_\nu - e_\lambda} &= \frac{\sigma_\lambda(\omega_\nu)}{\sigma(\omega_\nu)} = - e^{-\omega_\nu \eta_\lambda} \frac{\sigma(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\nu) \sigma(\omega_\lambda)} , \\ \sqrt{e_\lambda - e_\mu} &= \frac{\sigma_\mu(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\lambda)} = - e^{-\omega_\lambda \eta_\mu} \frac{\sigma(\omega_\nu)}{\sigma(\omega_\lambda) \sigma(\omega_\mu)} , \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\nu - e_\mu} &= \frac{\sigma_\mu(\omega_\nu)}{\sigma(\omega_\nu)} = - e^{-\omega_\nu \eta_\mu} \frac{\sigma(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\nu) \sigma(\omega_\mu)} , \\ \sqrt{e_\lambda - e_\nu} &= \frac{\sigma_\nu(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\lambda)} = - e^{-\omega_\lambda \eta_\nu} \frac{\sigma(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\lambda) \sigma(\omega_\nu)} , \\ \sqrt{e_\mu - e_\lambda} &= \frac{\sigma_\lambda(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\mu)} = - e^{-\omega_\mu \eta_\lambda} \frac{\sigma(\omega_\nu)}{\sigma(\omega_\mu) \sigma(\omega_\lambda)} , \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ergeben.

Die Quadratwurzeln der Differenzen der zweiten Gruppe werden durch die entsprechenden der Differenzen der ersten Gruppe folgendermassen ausgedrückt:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\nu - e_\mu} &= e^{\omega_\mu \eta_\nu - \omega_\nu \eta_\mu} \sqrt{e_\mu - e_\nu} , \\ \sqrt{e_\lambda - e_\nu} &= e^{\omega_\nu \eta_\lambda - \omega_\lambda \eta_\nu} \sqrt{e_\nu - e_\lambda} , \\ \sqrt{e_\mu - e_\lambda} &= e^{\omega_\lambda \eta_\mu - \omega_\mu \eta_\lambda} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} . \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Diese Formeln (2) — (9) sind alle symmetrisch in Bezug auf die Indices λ, μ, ν , wie es in der Einleitung vorgeschrieben worden ist.

Aus den Formeln (7) ergeben sich leicht die folgenden Gleichungen (10), die ebenfalls ein in Bezug auf λ, μ, ν symmetrisches System bilden, welches für die Quadratwurzeln der Differenzen *erster* Gruppe gilt:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\nu - e_\lambda} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} &= \frac{e^{-\omega_\nu \eta_\lambda - \omega_\lambda \eta_\mu}}{\sigma^2(\omega_\lambda)}, \\ \sqrt{e_\lambda - e_\mu} \sqrt{e_\mu - e_\nu} &= \frac{e^{-\omega_\lambda \eta_\mu - \omega_\mu \eta_\nu}}{\sigma^2(\omega_\mu)}, \\ \sqrt{e_\mu - e_\nu} \sqrt{e_\nu - e_\lambda} &= \frac{e^{-\omega_\mu \eta_\nu - \omega_\nu \eta_\lambda}}{\sigma^2(\omega_\nu)}, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

und für die Quadratwurzeln der Differenzen der *zweiten* Gruppe ergeben sich aus den Formeln (8) ganz analoge Gleichungen, die auszuschreiben unnötig ist, zumal sie aus (10) durch Vertauschung von *zwei* Indices, z. B. μ und ν , erhalten werden können.

Aus den Gleichungen (10) erhält man mittelst (4) und (9)

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} \sqrt{e_\lambda - e_\nu} &= \sqrt{e_\mu - e_\lambda} \sqrt{e_\nu - e_\lambda} = \frac{e^{\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sigma^2(\omega_\lambda)}, \\ \sqrt{e_\mu - e_\nu} \sqrt{e_\mu - e_\lambda} &= \sqrt{e_\nu - e_\mu} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} = \frac{e^{\omega_\mu \eta_\mu}}{\sigma^2(\omega_\mu)}, \\ \sqrt{e_\nu - e_\lambda} \sqrt{e_\nu - e_\mu} &= \sqrt{e_\lambda - e_\nu} \sqrt{e_\mu - e_\nu} = \frac{e^{\omega_\nu \eta_\nu}}{\sigma^2(\omega_\nu)}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Den in der Einleitung erwähnten Vorschriften gemäss werden die vierten Wurzeln der Differenzen (1) folgendermassen eindeutig definiert und berechnet.

Man bestimmt zunächst eine der vierten Wurzeln der Differenzen der *ersten* Gruppe dadurch, dass man die Quadratwurzel aus den beiden Seiten von einer der Formeln (7) auszieht, wobei das Vorzeichen der rechten Seite nach Belieben zu wählen ist. Die eindeutigen Werthe der beiden übrigen vierten Wurzeln der Differenzen der *ersten* Gruppe werden dann aus zwei beliebigen der folgenden Gleichungen (12) erhalten:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} &= - \frac{e^{-\frac{1}{2}(\omega_\nu \eta_\lambda + \omega_\lambda \eta_\mu)}}{\sigma(\omega_\lambda)} , \\ \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} &= - \frac{e^{-\frac{1}{2}(\omega_\lambda \eta_\mu + \omega_\mu \eta_\nu)}}{\sigma(\omega_\mu)} , \\ \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} &= - \frac{e^{-\frac{1}{2}(\omega_\mu \eta_\nu + \omega_\nu \eta_\lambda)}}{\sigma(\omega_\nu)} , \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

deren Richtigkeit sich folgendermassen beweisen lässt. Der Symmetrie wegen müssen die rechten Glieder dieser drei Gleichungen, die aus den Gleichungen (10) durch beiderseitige Ausziehung der Quadratwurzel hervorgehen, alle mit demselben Vorzeichen versehen sein; und dass dieses Vorzeichen das *negative* sein muss, zeigt sich sogleich, wenn man die Gleichungen (12) gliedweise mit einander multipliciert und das somit erhaltene Resultat vermittelst der Formeln (7) reduciert.

Da hier also die vierten Wurzeln der Differenzen der *ersten* Gruppe erhalten worden sind, so ergeben dann die folgenden, aus (9) hervorgehenden Gleichungen (13) die eindeutige Bestimmung der vierten Wurzeln der Differenzen der *zweiten* Gruppe:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{e_\nu - e_\mu} &= - e^{\frac{1}{2}(\omega_\mu \eta_\nu - \omega_\nu \eta_\mu)} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} , \\ \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu} &= - e^{\frac{1}{2}(\omega_\nu \eta_\lambda - \omega_\lambda \eta_\nu)} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} , \\ \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda} &= - e^{\frac{1}{2}(\omega_\lambda \eta_\mu - \omega_\mu \eta_\lambda)} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} , \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

wo ebenfalls der Symmetrie wegen die rechten Glieder alle dasselbe Vorzeichen haben müssen, das allerdings nach Belieben gewählt werden konnte, aber — aus Gründen, die erst weiter unten¹ einzusehen sind — zweckmässig hier negativ angenommen worden ist.

Vermittelst (12), (13) und (4) erhält man leicht das folgende System²:

$$\left. \begin{aligned} \sigma(\omega_\lambda) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda\eta_\lambda}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda\eta_\lambda}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda}}, \\ \sigma(\omega_\mu) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\mu\eta_\mu}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\mu\eta_\mu}}{\sqrt[4]{e_\nu - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu}}, \\ \sigma(\omega_\nu) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\nu\eta_\nu}}{\sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\nu - e_\mu}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\nu\eta_\nu}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Dass bisweilen hier in einem System von Gleichungen die Anzahl dieser Gleichungen sich bis auf ein Viertel reducierten lässt, wenn man die obige symmetrische Darstellungsart benutzt, wollen wir nur durch das folgende Beispiel beleuchten. Man findet ohne Schwierigkeit, dass die *zwölf* WEIERSTRASS'schen Gleichungen, welche für die Vermehrung (und Verminderung) des Argumentes der vier σ -Funktionen um eine *halbe* Periode gelten³, hier — mutatis mutandis — durch die folgenden *drei* Gleichungen ersetzt werden können:

¹ Siehe Ende des Art. III.

² Man vergleiche F. u. L. Art. 22, Gleichungen (1.)

³ F. u. L. Art. 22 (Seite 26). — Für die Verminderung ändere man in (15) u in $-u$, was die bezüglichen Formeln leicht ergibt.

$$\begin{aligned}
 \sigma(u + \omega_\lambda) &= e^{\eta_\lambda^u} \sigma(\omega_\lambda) \sigma_\lambda(u) = \\
 &= \frac{e^{\eta_\lambda(u + \frac{1}{2}\omega_\lambda)}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu}} \sigma_\lambda(u) , \\
 \sigma_\lambda(u + \omega_\lambda) &= -\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu} e^{\eta_\lambda^u} \sigma(\omega_\lambda) \sigma(u) = \\
 &= -\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu} e^{\eta_\lambda(u + \frac{1}{2}\omega_\lambda)} \sigma(u) , \\
 \sigma_\lambda(u + \omega_\mu) &= \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda} e^{\eta_\mu^u} \sigma(\omega_\mu) \sigma_\nu(u) = \\
 &= \frac{\sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}} e^{\eta_\mu(u + \frac{1}{2}\omega_\mu)} \sigma_\nu(u) .
 \end{aligned} \tag{15}$$

II.

Form der in I enthaltenen Relationen für den Fall:

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 .$$

Die sechs Reihenfolgen, welche aus den Zahlen 1, 2, 3 gebildet werden können, gruppieren wir folgendermassen:

- a) Die Folge 1, 2, 3 und die hieraus durch *cyklische* Permutationen entstandenen: 2, 3, 1 und 3, 1, 2;
- b) Die Folge 3, 2, 1 und die hieraus durch *cyklische* Permutationen entstandenen: 2, 1, 3 und 1, 3, 2.

Von einer beliebigen Reihenfolge λ, μ, ν der Zahlen 1, 2, 3 sagen wir, sie gehöre dem direkten oder dem indirekten Falle an, je nachdem sie unter a) oder unter b) zu finden ist.

Wir wenden im Folgenden die Zahl ε derart an, dass

$$\left. \begin{array}{ll} \varepsilon = +1 & \text{im direkten ,} \\ \varepsilon = -1 & \text{im indirekten} \end{array} \right\} \quad (16)$$

Falle sein soll.

Ferner sei $\sqrt[4]{i}^1$ definiert durch:

$$\sqrt[4]{i} = e^{\frac{1}{4}\pi i} , \quad (17)$$

und $\sqrt{\varepsilon}$

$$\left. \begin{array}{ll} \text{im direkten Falle durch} & \sqrt{\varepsilon} = +1 , \\ \text{im indirekten Falle durch} & \sqrt{\varepsilon} = +i . \end{array} \right\} \quad (18)$$

¹ F. u. L. Art. 22.

Man findet dann leicht, dass

$$e^{\frac{1}{2}\varepsilon\pi i} = \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{\varepsilon}} \quad (19)$$

sowohl im *direkten* wie im *indirekten* Falle.

Nach diesen Feststellungen sind die hier zu gebenden Resultate leicht aus I und aus der Einleitung herzuleiten, weshalb wir sie ohne Weiteres hinschreiben dürfen.

Satz 1:

Die drei Grössen

$$\Re\left(\frac{\omega_\mu}{\omega_\nu i}\right), \quad \Re\left(\frac{\omega_\nu}{\omega_\lambda i}\right), \quad \Re\left(\frac{\omega_\lambda}{\omega_\mu i}\right)$$

sind im direkten Falle positiv, im indirekten Falle negativ.

Satz 2:

Man hat sowohl im direkten wie im indirekten Falle:

$$\left| \begin{array}{cc} \omega_\mu & \omega_\nu \\ \eta_\mu & \eta_\nu \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} \omega_\nu & \omega_\lambda \\ \eta_\nu & \eta_\lambda \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} \omega_\lambda & \omega_\mu \\ \eta_\lambda & \eta_\mu \end{array} \right| = \frac{1}{2}\varepsilon\pi i. \quad (20)$$

Die hier geltenden Formeln und Gleichungen bestehen aus den mit (2)—(8) bezeichneten, mit den hier unten gegebenen vereinigt.

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\nu - e_\mu} &= \varepsilon i \sqrt{e_\mu - e_\nu}, \\ \sqrt{e_\lambda - e_\nu} &= \varepsilon i \sqrt{e_\nu - e_\lambda}, \\ \sqrt{e_\mu - e_\lambda} &= \varepsilon i \sqrt{e_\lambda - e_\mu}, \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_r - e_\lambda} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} &= -\varepsilon i \frac{e^{\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sigma^2(\omega_\lambda)} , \\ \sqrt{e_\lambda - e_\mu} \sqrt{e_\mu - e_r} &= -\varepsilon i \frac{e^{\omega_\mu \eta_\mu}}{\sigma^2(\omega_\mu)} , \\ \sqrt{e_\mu - e_r} \sqrt{e_r - e_\lambda} &= -\varepsilon i \frac{e^{\omega_r \eta_r}}{\sigma^2(\omega_r)} , \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} \sqrt{e_\lambda - e_r} &= \sqrt{e_\mu - e_\lambda} \sqrt{e_r - e_\lambda} = \frac{e^{\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sigma^2(\omega_\lambda)} , \\ \sqrt{e_\mu - e_r} \sqrt{e_\mu - e_\lambda} &= \sqrt{e_r - e_\mu} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} = \frac{e^{\omega_\mu \eta_\mu}}{\sigma^2(\omega_\mu)} , \\ \sqrt{e_r - e_\lambda} \sqrt{e_r - e_\mu} &= \sqrt{e_\lambda - e_r} \sqrt{e_\mu - e_r} = \frac{e^{\omega_r \eta_r}}{\sigma^2(\omega_r)} . \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Diese für die Quadratwurzeln geltenden Formeln und Gleichungen (21) — (23) können natürlich auch aus den folgenden für die vierten Wurzeln geltenden wieder erhalten werden.

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{e_r - e_\mu} &= -\frac{\sqrt[4]{i}}{\sqrt[4]{\varepsilon}} \sqrt[4]{e_\mu - e_r} , \\ \sqrt[4]{e_\lambda - e_r} &= -\frac{\sqrt[4]{i}}{\sqrt[4]{\varepsilon}} \sqrt[4]{e_r - e_\lambda} , \\ \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda} &= -\frac{\sqrt[4]{i}}{\sqrt[4]{\varepsilon}} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} , \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} &= - \frac{\sqrt{\varepsilon} e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sqrt{i} \sigma(\omega_\lambda)} , \\
 \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} &= - \frac{\sqrt{\varepsilon} e^{\frac{1}{2}\omega_\mu \eta_\mu}}{\sqrt{i} \sigma(\omega_\mu)} , \\
 \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} &= - \frac{\sqrt{\varepsilon} e^{\frac{1}{2}\omega_\nu \eta_\nu}}{\sqrt{i} \sigma(\omega_\nu)} ,
 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma(\omega_\lambda) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda \eta_\lambda}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda}} , \\
 \sigma(\omega_\mu) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\mu \eta_\mu}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\mu \eta_\mu}}{\sqrt[4]{e_\nu - e_\mu} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu}} , \\
 \sigma(\omega_\nu) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\nu \eta_\nu}}{\sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\nu - e_\mu}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\nu \eta_\nu}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}} .
 \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Die Systeme (23) und (26), welche genau dieselben sind wie beziehungsweise (11) und (14), sind in Folge dessen unabhängig von der hier in II gemachten Annahme:

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 \quad (27)$$

und gelten auch, wenn diese Grösse < 0 ist. Sie sind hier der Vollständigkeit wegen wieder aufgenommen worden.

Der Fall: $\lambda = 1$, $\mu = 2$, $\nu = 3$.

Die für diesen Fall geltenden Resultate schreiben wir hier vollständig aus, weil wir sie bei der Lösung wichtiger Aufgaben nöthig haben, die weiter unten¹ behandelt werden werden. Sie ergeben sich aus den oben erhaltenen Formeln für $\varepsilon = 1$, $\lambda = 1$, $\mu = 2$, $\nu = 3$.

Dass die sich hier ergebenden Formeln zum Theil von den entsprechenden WEIERSTRASS'schen abweichen müssen, rührt natürlich davon her, dass wir die Grösse ω_2 anders definiert haben, und dass folglich hier die Wurzeln $\sqrt{e_2 - e_3}$ und $\sqrt{e_2 - e_1}$ den entsprechenden WEIERSTRASS'schen mit entgegengesetztem Vorzeichen gleich sind, was also auch veränderte Fixierung der vierten Wurzeln zur Folge gehabt hat.

Die hier geltenden Sätze und Formeln sind:

Die drei Grössen

$$\Re\left(\frac{\omega_2}{\omega_3 i}\right), \quad \Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right), \quad \Re\left(\frac{\omega_1}{\omega_2 i}\right)$$

sind positiv.

Man hat

$$\begin{vmatrix} \omega_2 & \omega_3 \\ \eta_2 & \eta_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \omega_3 & \omega_1 \\ \eta_3 & \eta_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \omega_1 & \omega_2 \\ \eta_1 & \eta_2 \end{vmatrix} = +\frac{1}{2}\pi i, \quad (28)$$

$$\sqrt{e_3 - e_2} = i \sqrt{e_2 - e_3}, \quad \sqrt{e_1 - e_3} = i \sqrt{e_3 - e_1}, \quad \sqrt{e_2 - e_1} = i \sqrt{e_1 - e_2}, \quad (29)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_3 - e_1} \sqrt{e_1 - e_2} &= -i \frac{e^{\omega_1 \eta_1}}{\sigma^2(\omega_1)}, \\ \sqrt{e_1 - e_2} \sqrt{e_2 - e_3} &= -i \frac{e^{\omega_2 \eta_2}}{\sigma^2(\omega_2)}, \\ \sqrt{e_2 - e_3} \sqrt{e_3 - e_1} &= -i \frac{e^{\omega_3 \eta_3}}{\sigma(\omega_3)}, \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

¹ Artt. III und IV.

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt{e_1 - e_2} \sqrt{e_1 - e_3} &= \sqrt{e_2 - e_1} \sqrt{e_3 - e_1} = \frac{e^{\frac{\omega_1 \eta_1}{2}}}{\sigma^2(\omega_1)}, \\
 \sqrt{e_2 - e_3} \sqrt{e_2 - e_1} &= \sqrt{e_3 - e_2} \sqrt{e_1 - e_2} = \frac{e^{\frac{\omega_2 \eta_2}{2}}}{\sigma^2(\omega_2)}, \\
 \sqrt{e_3 - e_1} \sqrt{e_3 - e_2} &= \sqrt{e_1 - e_3} \sqrt{e_2 - e_3} = \frac{e^{\frac{\omega_3 \eta_3}{2}}}{\sigma^2(\omega_3)}.
 \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

Für diese Formeln (29)–(31) gilt offenbar dasselbe, wie für (21)–(23), in Bezug auf deren Zusammenhang mit den entsprechenden, hier unten gegebenen Formeln für die vierten Wurzeln.

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{e_3 - e_2} &= -\sqrt{i} \sqrt[4]{e_2 - e_3}, \quad \sqrt[4]{e_1 - e_3} = -\sqrt{i} \sqrt[4]{e_3 - e_1}, \\
 \sqrt[4]{e_2 - e_1} &= -\sqrt{i} \sqrt[4]{e_1 - e_2},
 \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{e_3 - e_1} \sqrt[4]{e_1 - e_2} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_1 \eta_1}}{\sigma(\omega_1)}, \\
 \sqrt[4]{e_1 - e_2} \sqrt[4]{e_2 - e_3} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_2 \eta_2}}{\sigma(\omega_2)}, \\
 \sqrt[4]{e_2 - e_3} \sqrt[4]{e_3 - e_1} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_3 \eta_3}}{\sigma(\omega_3)},
 \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma(\omega_1) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_1 \eta_1}}{\sqrt[4]{e_1 - e_2} \sqrt[4]{e_1 - e_3}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_1 \eta_1}}{\sqrt[4]{e_2 - e_1} \sqrt[4]{e_3 - e_1}}, \\
 \sigma(\omega_2) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_2 \eta_2}}{\sqrt[4]{e_2 - e_3} \sqrt[4]{e_2 - e_1}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_2 \eta_2}}{\sqrt[4]{e_3 - e_2} \sqrt[4]{e_1 - e_2}}, \\
 \sigma(\omega_3) &= \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_3 \eta_3}}{\sqrt[4]{e_3 - e_1} \sqrt[4]{e_3 - e_2}} = \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_3 \eta_3}}{\sqrt[4]{e_1 - e_3} \sqrt[4]{e_2 - e_3}}.
 \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

Zuletzt sind auch hier die folgenden aus (7) und (8) hervorgehenden Relationen zu bemerken:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_2 - e_3} &= -e^{-\omega_2 \eta_3} \frac{\sigma(\omega_1)}{\sigma(\omega_2) \sigma(\omega_3)}, \\ \sqrt{e_3 - e_1} &= -e^{-\omega_3 \eta_1} \frac{\sigma(\omega_2)}{\sigma(\omega_3) \sigma(\omega_1)}, \\ \sqrt{e_1 - e_2} &= -e^{-\omega_1 \eta_2} \frac{\sigma(\omega_3)}{\sigma(\omega_1) \sigma(\omega_2)}, \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_3 - e_2} &= -e^{-\omega_3 \eta_2} \frac{\sigma(\omega_1)}{\sigma(\omega_3) \sigma(\omega_2)}, \\ \sqrt{e_1 - e_3} &= -e^{-\omega_1 \eta_3} \frac{\sigma(\omega_2)}{\sigma(\omega_1) \sigma(\omega_3)}, \\ \sqrt{e_2 - e_1} &= -e^{-\omega_2 \eta_1} \frac{\sigma(\omega_3)}{\sigma(\omega_2) \sigma(\omega_1)}, \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

die von der Bedingung (27) unabhängig sind.

III.

Bestimmung der für $\lambda = 1$, $\mu = 2$, $\nu = 3$ erhaltenen Wurzelgrößen durch einfach unendliche Produkte¹.

Unter der hier stets festzuhaltenden Annahme:

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 \quad (37)$$

und mit den gewöhnlichen Bezeichnungen:

$$\tau = \frac{\omega_3}{\omega_1}, \quad h = e^{\tau \pi i} \quad (38)$$

ist

$$|h| < 1, \quad (39)$$

und dann sind die unendlichen Produkte:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= \prod_{n=1}^{\infty} (1 - h^{2n}) \quad , \quad h_1 = \prod_{n=1}^{\infty} (1 + h^{2n}) \quad , \\ h_2 &= \prod_{n=1}^{\infty} (1 + h^{2n-1}) \quad , \quad h_3 = \prod_{n=1}^{\infty} (1 - h^{2n-1}) \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

absolut konvergent und mit der Eigenschaft:

$$h_1 h_2 h_3 = 1 \quad (41)$$

versehen¹. Man findet dann aus der WEIERSTRASS'schen Entwicklung der Funktion $\sigma(u)$ in ein einfach unendliches Produkt² die Ausdrücke³:

¹ Man vergleiche F. u. L. Art. 32. In der zweiten Ausgabe von F. u. L. ist H_0 , H_1 , H_2 , H_3 statt bezw. h_0 , h_1 , h_2 , h_3 geschrieben, was dort vorthellhaft ist.

² F. u. L. Art. 6, Gl. (8).

³ Man bemerke die von den F. u. L. abweichende Bestimmung von $\sigma(\omega_2)$.

$$\left. \begin{aligned} \sigma(\omega_1) &= \frac{2\omega_1}{\pi} e^{\frac{1}{2}\omega_1\eta_1} \frac{h_1^2}{h_0^2}, \\ \sigma(\omega_2) &= -\frac{2\omega_1}{\pi} e^{\frac{1}{2}\omega_2\eta_2} \sqrt{i} \frac{h_2^2}{2h_1^{\frac{1}{2}}h_0^2}, \\ \sigma(\omega_3) &= \frac{2\omega_1}{\pi} e^{\frac{1}{2}\omega_3\eta_3} i \frac{h_3^2}{2h_1^{\frac{1}{2}}h_0^2}, \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

wo

$$h^{\frac{1}{2}} = e^{\frac{1}{4}\tau\pi i}. \quad (43)$$

Vermittelst (42) ergeben dann (35) und (36) die folgenden Ausdrücke für die Quadratwurzeln:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_2 - e_3} &= -\frac{\pi}{2\omega_1} 4h^{\frac{1}{2}}h_0^2h_1^4, \\ \sqrt{e_3 - e_1} &= -i \frac{\pi}{2\omega_1} h_0^2h_2^4, \\ \sqrt{e_1 - e_2} &= \frac{\pi}{2\omega_1} h_0^2h_3^4, \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{e_3 - e_2} &= -i \frac{\pi}{2\omega_1} 4h^{\frac{1}{2}}h_0^2h_1^4, \\ \sqrt{e_1 - e_3} &= \frac{\pi}{2\omega_1} h_0^2h_2^4, \\ \sqrt{e_2 - e_1} &= i \frac{\pi}{2\omega_1} h_0^2h_3^4. \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Für die vierten Wurzeln erhält man nach Ausziehung der Quadratwurzel in einer der Gleichungen (44) und mittelst der Relationen (32), (33) und (42) die Ausdrücke:

$$\left. \begin{aligned} i \sqrt[4]{e_2 - e_3} &= \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} 2h^{\frac{1}{2}} h_0 h_1^2, \\ \sqrt[4]{e_3 - e_1} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} h_0 h_2^2, \\ \sqrt[4]{e_1 - e_2} &= \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} h_0 h_3^2, \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{e_3 - e_2} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} 2h^{\frac{1}{2}} h_0 h_1^2, \\ \sqrt[4]{e_1 - e_3} &= \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} h_0 h_2^2, \\ i \sqrt[4]{e_2 - e_1} &= \frac{1}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} h_0 h_3^2, \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

in welchen das Vorzeichen von $\sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}}$ beliebig fixiert werden kann.

Eindeutige Fixierung der Grössen k , k' , $\sqrt{k}$, $\sqrt{k'}$ und $\sqrt[8]{G}$, wo

$$G = (e_2 - e_3)^2 (e_3 - e_1)^2 (e_1 - e_2)^2. \quad (48)$$

Wir schreiben hier vor, dass diese Fixierung so geschehen soll, dass im sogenannten Normalfalle (wo ω_1 und $\frac{\omega_3}{i}$ reell und positiv sind) die Grössen k , k' , $\sqrt{k}$, $\sqrt{k'}$ reelle positive Werthe annehmen und die Grösse $\sqrt[8]{G}$ einen reellen Werth von demselben Vorzeichen wie $\sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}}$ erhält.

Da im Normalfalle $h^{\frac{1}{2}}(h)$, h_1 , h_2 , h_3 sämmtlich reelle positive Werthe (< 1) annehmen, so findet man aus den Definitionen:

$$\left. \begin{aligned} k^2 &= \frac{e_2 - e_3}{e_1 - e_3} = \frac{e_3 - e_2}{e_3 - e_1}, \\ k'^2 &= \frac{e_1 - e_2}{e_1 - e_3} = \frac{e_2 - e_1}{e_3 - e_1} \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

vermittelst (44)–(47), dass die genannten Grössen folgende Ausdrücke erhalten:

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{\sqrt{e_3 - e_2}}{\sqrt{e_3 - e_1}} = - \frac{\sqrt{e_2 - e_3}}{\sqrt{e_1 - e_3}} = 4h^{\frac{1}{2}} \frac{h_1^4}{h_2^4}, \\ k' &= \frac{\sqrt{e_1 - e_2}}{\sqrt{e_1 - e_3}} = - \frac{\sqrt{e_2 - e_1}}{\sqrt{e_3 - e_1}} = \frac{h_3^4}{h_2^4}, \end{aligned} \right\} \quad (50)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{k} &= \frac{\sqrt[4]{e_3 - e_2}}{\sqrt[4]{e_3 - e_1}} = \frac{i \sqrt[4]{e_2 - e_3}}{\sqrt[4]{e_1 - e_3}} = 2h^{\frac{1}{4}} \frac{h_1^2}{h_2^2}, \\ \sqrt[4]{k'} &= \frac{\sqrt[4]{e_1 - e_2}}{\sqrt[4]{e_1 - e_3}} = - \frac{i \sqrt[4]{e_2 - e_1}}{\sqrt[4]{e_3 - e_1}} = \frac{h_3^2}{h_2^2} \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

und

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{G} &= \sqrt[4]{e_3 - e_2} \sqrt[4]{e_1 - e_3} \sqrt[4]{e_2 - e_1} = \\ &= -i \sqrt[4]{e_2 - e_3} \sqrt[4]{i} \sqrt[4]{e_3 - e_1} \sqrt[4]{e_1 - e_2} = \\ &= i \sqrt[4]{e_2 - e_3} \sqrt[4]{e_1 - e_3} \sqrt[4]{e_1 - e_2} = \frac{\pi}{2\omega_1} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} 2h^{\frac{1}{4}} h_0^3. \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Im Normalfalle sind die drei Differenzen

$$e_2 - e_3, \quad e_1 - e_3, \quad e_1 - e_2$$

alle reell und positiv. Alsdann haben die Grössen

$$i \sqrt[4]{e_2 - e_3}, \quad \sqrt[4]{e_1 - e_3}, \quad \sqrt[4]{e_1 - e_2}, \quad (53)$$

wie aus (46) und (47) ersichtlich ist, *reelle* Werthe mit demselben Vorzeichen. Die Grösse $\sqrt[4]{e_2 - e_3}$ ist also hier *imaginär*, während sie bei WEIERSTRASS reell ist.

Eben um den Grössen (53) im Normalfalle ein und dasselbe Vorzeichen zu geben, wurde in den rechten Seiten der Gleichungen (13) das negative Vorzeichen gewählt. Wäre nämlich statt dessen das positive gewählt worden, so würde $\sqrt[4]{e_1 - e_3}$ entgegengesetztes Vorzeichen bekommen haben.

Wir fügen hier noch die Vorschrift hinzu, dass, nachdem man die Quadratwurzel $\sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}}$ eindeutig fixiert hat, die Quadratwurzel $\sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}}$ vermittelst der Relation

$$\sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} = +1$$

(ebenfalls eindeutig) bestimmt werden soll.

IV.

Uebergang von dem primitiven Periodenpaare $(2\omega_1, 2\omega_3)$ zu einem äquivalenten Periodenpaare $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$.

Wir nehmen auch hier an, dass die Bedingung

$$\Re\left(\frac{\omega_3}{\omega_1 i}\right) > 0 \quad (54)$$

erfüllt ist, und schreiben ausserdem vor, dass für das neue Periodenpaar ebenfalls

$$\Re\left(\frac{\tilde{\omega}_3}{\tilde{\omega}_1 i}\right) > 0 \quad (55)$$

sein soll.

Es gelten dann folgende Sätze:

Damit die Periodenpaare $(2\omega_1, 2\omega_3)$ und $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$ äquivalent sind, ist erforderlich und ausreichend, dass die bekannten Beziehungen

$$\tilde{\omega}_1 = p_1 \omega_1 + q_1 \omega_3, \quad \tilde{\omega}_3 = p_3 \omega_1 + q_3 \omega_3 \quad (56)$$

bestehen, wo p_1, q_1, p_3, q_3 ganze Zahlen sind, welche der Relation:

$$p_1 q_3 - p_3 q_1 = 1 \quad (57)$$

genügen.

Jeder der Bedingung (57) genügenden Wahl von p_1, q_1, p_3, q_3 entspricht eine bestimmte¹ Anordnung λ, μ, ν der Zahlen 1, 2, 3, für welche die Grössen

$$\tilde{\omega}_1, \quad \tilde{\omega}_2 (= -\tilde{\omega}_1 - \tilde{\omega}_3), \quad \tilde{\omega}_3$$

¹ F. u. L., Seite 39.

beziehungsweise den Grössen

$$\omega_\lambda, \quad \omega_\mu, \quad \omega_\nu$$

kongruent sind, und man sieht leicht ein, dass es hier vier ganze Zahlen r_1, s_1, r_3, s_3 giebt, für welche die folgenden Beziehungen stattfinden, nämlich:

$$\tilde{\omega}_1 = r_1 \omega_\lambda + s_1 \omega_\nu, \quad \tilde{\omega}_3 = r_3 \omega_\lambda + s_3 \omega_\nu, \quad (58)$$

$$r_1 s_3 - r_3 s_1 = \varepsilon, \quad (59)$$

wo ε wie im Art. III erklärt ist, d. h. $\varepsilon = +1$ oder $= -1$, je nachdem die Anordnung λ, μ, ν dem direkten oder dem indirekten Falle angehört.

Die soeben genannte Kongruenz ergibt, dass r_1, s_3 ungerade, r_3, s_1 dagegen gerade Zahlen sind, also

$$r_1 = 2\alpha_1 + 1, \quad s_1 = 2\beta_1,$$

$$r_3 = 2\alpha_3, \quad s_3 = 2\beta_3 + 1.$$

Wir setzen daher in der folgenden Untersuchung ein für allemal:

$$\tilde{\omega}_1 = \omega_\lambda + 2\tilde{\omega}_1, \quad \tilde{\omega}_2 = \omega_\mu + 2\tilde{\omega}_2, \quad \tilde{\omega}_3 = \omega_\nu + 2\tilde{\omega}_3, \quad (60)$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{\omega}_1 &= \alpha_1 \omega_\lambda + \beta_1 \omega_\nu, \\ \tilde{\omega}_2 &= \alpha_2 \omega_\lambda + \beta_2 \omega_\nu, \\ \tilde{\omega}_3 &= \alpha_3 \omega_\lambda + \beta_3 \omega_\nu, \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

wo also

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0, \quad \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 0 \quad (62)$$

und — wegen (59) —

$$4(\alpha_1 \beta_3 - \alpha_3 \beta_1) + 2\alpha_1 + 2\beta_3 = \varepsilon - 1, \quad (63)$$

welche Relation, da offenbar für $\varepsilon = \pm 1$

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} = i^{\frac{\varepsilon-1}{2}} \quad (64)$$

ist, das weiter unten zu verwerthende Resultat

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} = (-1)^{\alpha_1\beta_3 - \alpha_3\beta_1} i^{\alpha_1 + \beta_3} \quad (65)$$

ergiebt. Durch beiderseitige Multiplikation von (63) mit $\varepsilon \mp 1$ erhält man, da $\varepsilon^2 - 1 = 0$ ist, ebenfalls:

$$i^{(1+\varepsilon)(\alpha_1+\beta_3)} = 1, \quad (66)$$

welche Formel uns auch bald nützlich werden wird.

Bilden jetzt wir die zu den Grössen $\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3$ gehörigen Funktionen:

$$\begin{aligned} & \sigma(u \mid \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3), \quad \wp(u \mid \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3), \\ & \sigma_1(u \mid \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3), \quad \sigma_2(u \mid \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3), \quad \sigma_3(u \mid \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_3), \end{aligned}$$

die wir kurz mit

$$\tilde{\sigma}(u), \quad \tilde{\wp}(u), \quad \tilde{\sigma}_1(u), \quad \tilde{\sigma}_2(u), \quad \tilde{\sigma}_3(u)$$

bezeichnen, und setzen wir ausserdem

$$\tilde{\wp}(\tilde{\omega}_1) = \tilde{e}_1, \quad \tilde{\wp}(\tilde{\omega}_2) = \tilde{e}_2, \quad \tilde{\wp}(\tilde{\omega}_3) = \tilde{e}_3, \quad (67)$$

$$\tilde{\eta}_1 = \frac{\tilde{\sigma}'(\tilde{\omega}_1)}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_1)}, \quad \tilde{\eta}_2 = \frac{\tilde{\sigma}'(\tilde{\omega}_2)}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_2)}, \quad \tilde{\eta}_3 = \frac{\tilde{\sigma}'(\tilde{\omega}_3)}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_3)}, \quad (68)$$

so ist bekanntlich

$$\tilde{\sigma}(u) = \sigma(u) , \quad (69)$$

also

$$\tilde{\wp}(u) = \wp(u) \quad (70)$$

und folglich

$$\tilde{e}_1 = e_\lambda , \quad \tilde{e}_2 = e_\mu , \quad \tilde{e}_3 = e_\nu , \quad (71)$$

$$\tilde{\eta}_1 = \eta_\lambda + 2\bar{\eta}_1 , \quad \tilde{\eta}_2 = \eta_\mu + 2\bar{\eta}_2 , \quad \tilde{\eta}_3 = \eta_\nu + 2\bar{\eta}_3 , \quad (72)$$

wo

$$\left. \begin{aligned} \bar{\eta}_1 &= \alpha_1 \eta_\lambda + \beta_1 \eta_\nu , \\ \bar{\eta}_2 &= \alpha_2 \eta_\lambda + \beta_2 \eta_\nu , \\ \bar{\eta}_3 &= \alpha_3 \eta_\lambda + \beta_3 \eta_\nu , \end{aligned} \right\} \quad (73)$$

weshalb man auch — wegen (4) und (62) —

$$\tilde{\eta}_1 + \tilde{\eta}_2 + \tilde{\eta}_3 = 0 \quad (74)$$

hat.

Vermittelst der bekannten Relation:

$$\tilde{\sigma}(v + 2\bar{\omega}) = \sigma(v + 2\bar{\omega}) = (-1)^{\alpha\beta + \alpha + \beta} e^{2\tilde{\eta}(v + \bar{\omega})} \sigma(v) , \quad (75)$$

wo

$$\bar{\omega} = \alpha\omega_\lambda + \beta\omega_\nu , \quad \bar{\eta} = \alpha\eta_\lambda + \beta\eta_\nu ,$$

und vermitteltst der definierenden Ausdrücke für

$$\tilde{\sigma}_1(u) , \quad \tilde{\sigma}_2(u) , \quad \tilde{\sigma}_3(u)$$

und für

$$\sigma_\lambda(u) , \quad \sigma_\mu(u) , \quad \sigma_\nu(u)$$

ergeben sich leicht die Relationen:

$$\tilde{\sigma}_1(u) = \sigma_\lambda(u) , \quad \tilde{\sigma}_2(u) = \sigma_\mu(u) , \quad \tilde{\sigma}_3(u) = \sigma_\nu(u) . \quad (76)$$

Man hat ferner

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\tilde{\wp}(u) - \tilde{e}_1} &= \sqrt{\wp(u) - e_\lambda} , \\ \sqrt{\tilde{\wp}(u) - \tilde{e}_2} &= \sqrt{\wp(u) - e_\mu} , \\ \sqrt{\tilde{\wp}(u) - \tilde{e}_3} &= \sqrt{\wp(u) - e_\nu} , \end{aligned} \right\} \quad (77)$$

was vermittelt der definierenden Ausdrücke für die Quadratwurzeln und der Gleichungen (76) sogleich einleuchtet.

Wir kommen jetzt zu der *Hauptaufgabe* dieses Artikels, nämlich: *die Relationen herzuleiten, welche die Quadratwurzeln und die vierten Wurzeln, die dem Periodenpaare $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$ angehören, mit denen, die für das Periodenpaar $(2\omega_1, 2\omega_3)$ schon erhalten worden sind, verbinden.*

Dass diese Relationen nicht aus den Gleichungen (77) schlechthin durch Einführung von Werthen von u erhalten werden können, sieht man ohne Weiteres ein, vermittelt der Gleichungen, welche die fraglichen Wurzeln definieren. So hat man z. B.

$$\sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} = \frac{\tilde{\sigma}_3(\tilde{\omega}_2)}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_2)} = \frac{\sigma_\nu(\tilde{\omega}_2)}{\sigma(\tilde{\omega}_2)} , \quad (78)$$

aber

$$\sqrt{e_\mu - e_\nu} = \frac{\sigma_\nu(\omega_\mu)}{\sigma(\omega_\mu)} , \quad (79)$$

welche zeigen, dass man, um die Relation zwischen diesen beiden Quadratwurzeln zu finden, diejenige Relation herleiten muss, welche die *rechten* Seiten dieser Gleichungen mit einander verbindet. Diese Herleitung geschieht folgendermassen. Aus (60) und der Definition von $\sigma_\nu(u)$ erhält man

$$\sigma_\nu(\tilde{\omega}_2) = e^{-\eta_\nu(2\tilde{\omega}_2 + \omega_\mu)} \frac{\sigma(2\tilde{\omega}_2 - \omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\nu)} ,$$

und folglich ergibt die Gleichung (78)

$$\sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} = e^{-\eta_\nu(2\tilde{\omega}_2 + \omega_\mu)} \frac{\sigma(2\tilde{\omega}_2 - \omega_\lambda)}{\sigma(2\tilde{\omega}_2 + \omega_\mu)} \frac{1}{\sigma(\omega_\nu)} ,$$

welche durch die vermittelst (75) leicht bewiesene Gleichung:

$$\frac{\sigma(2\tilde{\omega}_2 - \omega_\lambda)}{\sigma(2\tilde{\omega}_2 + \omega_\mu)} = - e^{2\tilde{\eta}_2\omega_\nu} \frac{\sigma(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\mu)}$$

die Gestalt:

$$\sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} = - e^{2(\omega_\nu\tilde{\eta}_2 - \eta_\nu\tilde{\omega}_2)} e^{-\omega_\mu\eta_\nu} \frac{\sigma(\omega_\lambda)}{\sigma(\omega_\mu)\sigma(\omega_\nu)}$$

annimmt. Die erste der Gleichungen (7) und die in (61) und (73) gegebenen Ausdrücke für $\tilde{\omega}_2$ und $\tilde{\eta}_2$ ergeben hieraus das Resultat:

$$\sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} = (-1)^{\varepsilon\alpha_2} \sqrt{e_\mu - e_\nu} ,$$

wobei auch eine der Relationen (20) gebraucht worden ist.

Nach diesen Andeutungen dürfen wir ohne Weiteres die folgenden Relationen hinschreiben:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\varepsilon\alpha_2} \sqrt{e_\mu - e_\nu} , \\ \sqrt{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{-\varepsilon\beta_3} \sqrt{e_\nu - e_\lambda} , \\ \sqrt{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{-\varepsilon(\alpha_1 - \beta_1)} \sqrt{e_\lambda - e_\mu} , \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{-\varepsilon(\alpha_3 - \beta_3)} \sqrt{e_\nu - e_\mu} , \\ \sqrt{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\varepsilon\alpha_1} \sqrt{e_\lambda - e_\nu} , \\ \sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{-\varepsilon\beta_2} \sqrt{e_\mu - e_\lambda} , \end{aligned} \right\} \quad (81)$$

welche die *wichtigen Relationen*, die die fraglichen Quadratwurzeln betreffen, enthalten. Der in den Exponenten vorkommende Faktor ε kann offenbar *hier* ohne Weiteres gestrichen werden.

Gehen wir jetzt zu den vierten Wurzeln über. Die hier geltenden Relationen ergeben sich aus den Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_1\tilde{\eta}_1}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_1)}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_2\tilde{\eta}_2}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_2)}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= -\frac{1}{\sqrt{i}} \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_3\tilde{\eta}_3}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_3)}, \end{aligned} \right\} \quad (82)$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= -\sqrt{i} \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= -\sqrt{i} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= -\sqrt{i} \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2}. \end{aligned} \right\} \quad (83)$$

welche den Gleichungen (33) und (32) analog sind, und mit denen man die Relationen (25) zu vereinigen hat. Schliesslich muss man auch diejenigen Gleichungen benutzen, welche die rechten Seiten der Gleichungen (82) mittelst der in den rechten Seiten von (25) vorkommenden Grössen ausdrücken. Jene Gleichungen werden mit Hilfe der Relationen (60), (61), (69), (72), (73), (75) und (20) erhalten und sind, wie man leicht findet, die folgenden drei:

$$\begin{aligned} \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_1\tilde{\eta}_1}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_1)} &= (-1)^{\alpha_1\beta_1+\alpha_1+\beta_1} i^{\varepsilon\beta_1} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\lambda\eta_\lambda}}{\sigma(\omega_\lambda)}, \\ \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_2\tilde{\eta}_2}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_2)} &= (-1)^{\alpha_2\beta_2+\alpha_2+\beta_2} i^{\varepsilon(\alpha_2-\beta_2)} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\mu\eta_\mu}}{\sigma(\omega_\mu)}, \\ \frac{e^{\frac{1}{2}\tilde{\omega}_3\tilde{\eta}_3}}{\tilde{\sigma}(\tilde{\omega}_3)} &= (-1)^{\alpha_3\beta_3+\alpha_3+\beta_3} i^{-\varepsilon\alpha_3} \frac{e^{\frac{1}{2}\omega_\nu\eta_\nu}}{\sigma(\omega_\nu)}. \end{aligned}$$

Reduciert man mit diesen Gleichungen die rechten Seiten von (82) und vergleicht dann die somit erhaltenen Resultate mit den Relationen (25), so erhält man die folgenden drei Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{\alpha_1 \beta_1 + \alpha_1 + \beta_1} i^{\frac{\varepsilon \beta_1}{\sqrt{\varepsilon}}} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\alpha_2 \beta_2 + \alpha_2 + \beta_2} i^{\frac{\varepsilon(\alpha_2 - \beta_2)}{\sqrt{\varepsilon}}} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{\alpha_3 \beta_3 + \alpha_3 + \beta_3} i^{\frac{-\varepsilon \alpha_3}{\sqrt{\varepsilon}}} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda}, \end{aligned} \right\} \quad (84)$$

aus welchen man leicht die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} (-1)^{\alpha_1 \beta_1 + \alpha_1 + \beta_1} i^{\frac{\varepsilon \beta_1}{\sqrt{\varepsilon}}} \frac{\sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3}}{\sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}} &= (-1)^{\alpha_2 \beta_2 + \alpha_2 + \beta_2} i^{\frac{\varepsilon(\alpha_2 - \beta_2)}{\sqrt{\varepsilon}}} \frac{\sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1}}{\sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda}} = \\ &= (-1)^{\alpha_3 \beta_3 + \alpha_3 + \beta_3} i^{\frac{-\varepsilon \alpha_3}{\sqrt{\varepsilon}}} \frac{\sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2}}{\sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu}} = x \end{aligned} \right\} \quad (85)$$

erhält, wo wir den gemeinsamen — vorläufig unbekannten — Werth der drei ersten Glieder mit x bezeichnet haben.

Um nun den Werth von x zu bestimmen verfahren wir folgendermassen. Das Produkt von den zwei ersten Ausdrücken für x ergibt einen Ausdruck für x^2 , den wir noch weiter reducieren, mittelst der dritten Gleichung in (84) und der Gleichungen (62), (65) und (66). Es ergibt sich dann schliesslich

$$x = \delta i^{\frac{\varepsilon(\alpha_2 + \beta_1)}{\sqrt{\varepsilon}}}, \quad \text{wo } \delta = \pm 1.$$

Führt man diesen Ausdruck für x in (85) ein, so erhält man die folgenden wichtigen Relationen

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\alpha_1\beta_1 + \alpha_1 + \beta_1} \delta i^{\varepsilon\alpha_2} \sqrt[4]{e_\mu - e_\nu}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{\alpha_2\beta_2 + \alpha_2 + \beta_2} \delta i^{-\varepsilon\beta_3} \sqrt[4]{e_\nu - e_\lambda}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{\alpha_3\beta_3 + \alpha_3 + \beta_3} \delta i^{-\varepsilon(\alpha_1 - \beta_1)} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\mu}.
 \end{aligned} \right\} \quad (86)$$

$$(\delta = \pm 1).$$

Wendet man hier (83) und (24) an, so erhält man andere Relationen, von denen wir nur die folgenden hinschreiben, welche (86) ergänzen:

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{\alpha_1\beta_1 + \alpha_1 + \beta_1} \delta \sqrt{\varepsilon} i^{\varepsilon\alpha_2} \sqrt[4]{e_\nu - e_\mu}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\alpha_2\beta_2 + \alpha_2 + \beta_2} \delta \sqrt{\varepsilon} i^{-\varepsilon\beta_3} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{\alpha_3\beta_3 + \alpha_3 + \beta_3} \delta \sqrt{\varepsilon} i^{-\varepsilon(\alpha_1 - \beta_1)} \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda},
 \end{aligned} \right\} \quad (87)$$

oder — wie mittelst (65) und (66) leicht zu beweisen ist —

$$\left. \begin{aligned}
 \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= (-1)^{\alpha_1\beta_1 + \alpha_1 + \beta_1} \delta_1 i^{-\varepsilon(\alpha_3 - \beta_3)} \sqrt[4]{e_\nu - e_\mu}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= (-1)^{\alpha_2\beta_2 + \alpha_2 + \beta_2} \delta_1 i^{\varepsilon\alpha_1} \sqrt[4]{e_\lambda - e_\nu}, \\
 \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= (-1)^{\alpha_3\beta_3 + \alpha_3 + \beta_3} \delta_1 i^{-\varepsilon\beta_2} \sqrt[4]{e_\mu - e_\lambda}.
 \end{aligned} \right\} \quad (88)$$

$$(\delta_1 = (-1)^{\alpha_1\beta_3 - \alpha_3\beta_1} \delta = \pm 1)$$

Die Gleichungen (86) und (88) ergeben sogleich (80) und (81), wie ja zu erwarten ist.

Als Beispiel nehmen wir die wichtige Aufgabe: *Von dem primitiven Periodenpaare $(2\omega_1, 2\omega_3)$ zu dem äquivalenten Periodenpaare $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$ überzugehen, wenn*

$$\tilde{\omega}_1 = \omega_3, \quad \tilde{\omega}_3 = -\omega_1.$$

Das resultat geht aus den obigen Formeln hervor, für

$$\lambda = 3, \quad \mu = 2, \quad \nu = 1, \quad \text{also } \varepsilon = -1,$$

$\alpha_1 = 0, \beta_1 = 0; \alpha_2 = 0, \beta_2 = 1; \alpha_3 = 0, \beta_3 = -1;$ und folglich $\delta_1 = \delta$.

Man findet leicht die Regel:

Für den Uebergang von $(2\omega_1, 2\omega_3)$ zu $(2\tilde{\omega}_1 = 2\omega_3, 2\tilde{\omega}_3 = -2\omega_1)$ gelten die Relationen:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= \sqrt{e_2 - e_1}, & \sqrt{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= -\sqrt{e_1 - e_3}, & \sqrt{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= \sqrt{e_3 - e_2}, \\ \sqrt{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= -\sqrt{e_1 - e_2}, & \sqrt{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= \sqrt{e_3 - e_1}, & \sqrt{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= -\sqrt{e_2 - e_3}, \end{aligned} \right\} \quad (89)$$

und

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= \delta \sqrt[4]{e_2 - e_1}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= \delta i \sqrt[4]{e_1 - e_3}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= -\delta \sqrt[4]{e_3 - e_2}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= \delta i \sqrt[4]{e_1 - e_2}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= -\delta \sqrt[4]{e_3 - e_1}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= -\delta i \sqrt[4]{e_2 - e_3}. \end{aligned} \right\} \quad (90)$$

Die Gleichungen (90) ergeben mit Hilfe von (32)

$$\left. \begin{aligned} \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= -\delta \sqrt[4]{i} \sqrt[4]{e_1 - e_2}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_1} &= \frac{\delta}{\sqrt[4]{i}} \sqrt[4]{e_3 - e_1}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= \delta \sqrt[4]{i} \sqrt[4]{e_2 - e_3}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_3 - \tilde{e}_2} &= -\delta \sqrt[4]{i} \sqrt[4]{e_2 - e_1}, \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= \frac{\delta}{\sqrt[4]{i}} \sqrt[4]{e_1 - e_3}, & \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_1} &= \delta \sqrt[4]{i} \sqrt[4]{e_3 - e_2}, \end{aligned} \right\} \quad (91)$$

und mit Hilfe von (52) — auch auf $(2\tilde{\omega}_1, 2\tilde{\omega}_3)$ angewendet —

$$\sqrt[8]{\tilde{G}} = -\delta \sqrt[8]{i} \sqrt[8]{G}. \quad (92)$$

Anwendung auf die entsprechende lineare Transformation der ϑ -Funktionen. — Wie bekannt ist, bestehen die Relationen¹:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[4]{G} \sigma(u) &= e^{2\eta_1 \omega_1 v^2} \vartheta_0(v | \tau) , \\ \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} i \sqrt[4]{e_2 - e_3} \sigma_1(u) &= e^{2\eta_1 \omega_1 v^2} \vartheta_1(v | \tau) , \\ \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[4]{e_1 - e_3} \sigma_2(u) &= e^{2\eta_1 \omega_1 v^2} \vartheta_2(v | \tau) , \\ \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[4]{e_1 - e_2} \sigma_3(u) &= e^{2\eta_1 \omega_1 v^2} \vartheta_3(v | \tau) , \end{aligned} \right\} \quad (93)$$

wo

$$v = \frac{u}{2\omega_1} , \quad \tau = \frac{\omega_3}{\omega_1} , \quad (94)$$

und wo wir, um dieselbe Indiciierung auf beiden Seiten zu gewinnen, die von WEIERSTRASS in seinen früheren Vorlesungen angewendete Indiciierung der ϑ -Funktionen benutzt haben, und zwar aus dem Grunde, dass die Indices der σ -Funktionen offenbar nicht geändert werden dürfen.

Zu (94) fügen wir noch die gewöhnlichen analogen Bezeichnungen:

$$\tilde{\tau} = \frac{\tilde{\omega}_3}{\tilde{\omega}_1} = -\frac{\omega_1}{\omega_3} = -\frac{1}{\tau} , \quad \tilde{v} = \frac{u}{2\tilde{\omega}_1} = \frac{u}{2\omega_3} = \frac{v}{\tau} \quad (95)$$

hinzu und entnehmen aus (91) die Relationen:

$$\left. \begin{aligned} i \sqrt[4]{\tilde{e}_2 - \tilde{e}_3} &= \frac{\delta}{\sqrt[4]{i}} \sqrt[4]{e_1 - e_2} , & \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} &= \frac{\delta}{\sqrt[4]{i}} \sqrt[4]{e_1 - e_3} , \\ \sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_2} &= \frac{\delta}{\sqrt[4]{i}} i \sqrt[4]{e_2 - e_3} . \end{aligned} \right\} \quad (96)$$

¹ F. u. L. Art. 34. (mutatis mutandis).

Ferner erinnern wir an die hier nach (76) und (72) geltenden Formeln

$$\left. \begin{aligned} \tilde{\sigma}(u) = \sigma(u) , \quad \tilde{\sigma}_1(u) = \sigma_3(u) , \quad \tilde{\sigma}_2(u) = \sigma_2(u) , \quad \tilde{\sigma}_3(u) = \sigma_1(u) , \\ \tilde{\eta}_1 = \eta_3 , \quad 2\tilde{\eta}_1\tilde{\omega}_1\tilde{v}^2 = 2\eta_3\omega_1\frac{v^2}{\tau} . \end{aligned} \right\} \quad (97)$$

Aus der evidenten Gleichung

$$\frac{2\hat{\omega}_1}{\pi} = \frac{2\omega_1}{\pi} \frac{i}{\frac{i}{\tau}}$$

erhält man

$$\sqrt{\frac{2\hat{\omega}_1}{\pi}} = \gamma \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \frac{\sqrt{\frac{i}{\tau}}}{\sqrt{\frac{i}{\tau}}} ,$$

wo $\sqrt{\frac{i}{\tau}}$, $\sqrt{\frac{2\tilde{\omega}_1}{\pi}}$ und $\sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}}$ schon eindeutig fixiert worden sind und wo wir jetzt der Quadratwurzel $\sqrt{\frac{i}{\tau}}$ denjenigen ihrer beiden Werthe beilegen, dessen reeller Bestandtheil positiv ist¹; alsdann ergiebt (98), dass auch γ eindeutig bestimmt ist, also gleich der einen der beiden Zahlen $+1$ und -1 mit Ausschluss der anderen.

Schreibt man nun auch das Gleichungssystem, welches aus (93) hervorgeht, wenn man statt

$$\omega_1 , \quad \eta_1 , \quad \sigma , \quad \sigma_1 , \quad \sigma_2 , \quad \sigma_3 , \quad e_1 , \quad e_2 , \quad e_3 , \quad G , \quad \tau , \quad v$$

beziehungsweise

$$\hat{\omega}_1 , \quad \tilde{\eta}_1 , \quad \tilde{\sigma} , \quad \tilde{\sigma}_1 , \quad \tilde{\sigma}_2 , \quad \tilde{\sigma}_3 , \quad \tilde{e}_1 , \quad \tilde{e}_2 , \quad \tilde{e}_3 , \quad \tilde{G} , \quad \tilde{\tau} , \quad \tilde{v}$$

setzt, und reduciert dasselbe mittelst (92), (95)–(98), so erhält man die folgenden, hier ebenfalls geltenden Gleichungen:

¹ F. u. L. Art. 37.

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\gamma \delta}{\sqrt{\frac{i}{\tau}}} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[8]{G} \sigma(u) &= i e^{2\eta_3 \omega_1 \frac{v^2}{\tau}} \vartheta_0 \left(\frac{v}{\tau} \middle| -\frac{1}{\tau} \right), \\
 \frac{\gamma \delta}{\sqrt{\frac{i}{\tau}}} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[4]{e_1 - e_2} \sigma_3(u) &= e^{2\eta_3 \omega_1 \frac{v^2}{\tau}} \vartheta_1 \left(\frac{v}{\tau} \middle| -\frac{1}{\tau} \right), \\
 \frac{\gamma \delta}{\sqrt{\frac{i}{\tau}}} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} \sqrt[4]{e_1 - e_3} \sigma_2(u) &= e^{2\eta_3 \omega_1 \frac{v^2}{\tau}} \vartheta_2 \left(\frac{v}{\tau} \middle| -\frac{1}{\tau} \right), \\
 \frac{\gamma \delta}{\sqrt{\frac{i}{\tau}}} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} i \sqrt[4]{e_2 - e_3} \sigma_1(u) &= e^{2\eta_3 \omega_1 \frac{v^2}{\tau}} \vartheta_3 \left(\frac{v}{\tau} \middle| -\frac{1}{\tau} \right),
 \end{aligned} \right\} \quad (99)$$

wo noch erübrigt, zu entscheiden, ob das Produkt $\gamma \delta = +1$ oder $= -1$ ist, was vermittelt der in (91) vorkommenden Relation:

$$\sqrt[4]{\tilde{e}_1 - \tilde{e}_3} = \frac{\delta}{\sqrt{i}} \sqrt[4]{e_1 - e_3}$$

folgendermassen leicht gethan wird. Diese Relation nimmt nämlich vermittelt (47) die Gestalt

$$\sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} \tilde{h}_0 \tilde{h}_2^2 = \frac{\delta}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} h_0 h_2^2$$

an, wo die Bedeutung von $\tilde{h}_0$ und $\tilde{h}_2$ nach (40) selbstverständlich ist. Diese Gleichung, die beiläufig bemerkt das Resultat enthält, dass δ nur den einen der beiden Werthe $+1$ und -1 hat, weil

$$\sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} \sqrt{\frac{2\tilde{\omega}_1}{\pi}} = 1 \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_1}} \sqrt{\frac{2\omega_1}{\pi}} = 1,$$

ergiebt vermittelt (98)

$$\sqrt{\frac{i}{\tau}} \tilde{h}_0 \tilde{h}_2^2 = \gamma \delta h_0 h_2^2 . \quad (100)$$

Da in dieser Gleichung beiderseits eindeutige und stetige Funktionen von τ stehen, so kann für stetig sich änderndes τ das Produkt $\gamma \delta$ sich nie sprungweise ändern. Es muss also $\gamma \delta$ entweder stets $= +1$ oder stets $= -1$ sein. Dass $\gamma \delta = +1$ ist, geht dann vermittelt (100) daraus hervor, dass im Normalfalle die Grössen

$$\sqrt{\frac{i}{\tau}} , \quad h_0 , \quad h_2 , \quad \tilde{h}_0 , \quad \tilde{h}_2$$

alle reell und positiv sind.

Führt man also in (99) $\gamma \delta = +1$ ein, so erhält man durch Vergleichung des somit erhaltenen Resultates mit (93) für die betrachtete lineare Transformation die Relationen¹:

$$\vartheta_0(v | \tau) = i \sqrt{\frac{i}{\tau}} e^{-\frac{\pi i}{\tau} v^2} \vartheta_0\left(\frac{v}{i} \middle| -\frac{1}{\tau}\right) ,$$

$$\vartheta_1(v | \tau) = \sqrt{\frac{i}{\tau}} e^{-\frac{\pi i}{\tau} v^2} \vartheta_3\left(\frac{v}{i} \middle| -\frac{1}{\tau}\right) ,$$

$$\vartheta_2(v | \tau) = \sqrt{\frac{i}{\tau}} e^{-\frac{\pi i}{\tau} v^2} \vartheta_2\left(\frac{v}{i} \middle| -\frac{1}{\tau}\right) ,$$

$$\vartheta_3(v | \tau) = \sqrt{\frac{i}{\tau}} e^{-\frac{\pi i}{\tau} v^2} \vartheta_1\left(\frac{v}{i} \middle| -\frac{1}{\tau}\right) ,$$

die wir hier herleiten wollten.

¹ F. u. L. Art. 37 (mutatis mutandis).

EXTINCTION DES RADIATIONS SOLAIRES DANS L'ATMOSPHERE TERRESTRE.

ETUDE BASÉE SUR LES OBSERVATIONS SPECTROBOLOMETRIQUES
FAITES A L'INSTITUT DE PHYSIQUE D'UPSALA
PENDANT L'ANNÉE 1912.

PAR

F. LINDHOLM.

(PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES D'UPSALA LE 7 MARS 1913.)

UPSALA

LIBRAIRIE: A.-B. AKADEMISKA BOKHANDELN

1913.

UPSALA
IMPRIMERIE EDV. BERLING
1913.

Table des matières.

	Pag.
Introduction	1.
Théorie d'Extinction	5.
Dispositif expérimental	11.
Le Prisme	13.
Réglage de l'appareil spectral	18.
Disposition du bolomètre et de l'appareil-enregistreur	19.
Marche d'une série d'expériences	21.
Mesurage des plaques	23.
Détermination de la longueur d'onde	24.
Observations	28.
Déduction des coefficients de transmission	82.
Appendice	91.

Introduction.

BOUGUER¹ avait déjà observé l'affaiblissement différent des radiations lumineuses, pour des distances zénithales variables d'une étoile. Il calcula, à l'aide de sa formule d'absorption la valeur du coefficient de transmission de l'atmosphère. La valeur moyenne de ce coefficient obtenue par nombreuses mesures photométriques d'intensité lumineuse, faites pour des étoiles déterminées, à des distances zénithales variables, fut de 0.812 à la pression normale de 760 mm. Hg.

Il résulte des observations de BOUGUER que le 19 % de la radiation tombante sur l'atmosphère est absorbé par lui. BOUGUER, de même que LAMBERT,² ont attribué, semble-t-il, cette influence de l'atmosphère à une diffusion des rayons lumineux, due à des particules hétérogènes, se trouvant en quantité plus ou moins grande en suspension dans le mélange gazeux transparent. D'après ces auteurs, l'atmosphère a le caractère d'un milieu diffusant. La valeur du coefficient de transmission, trouvée par BOUGUER, se rapporte à la couleur moyenne des étoiles, à savoir le jaune, puisque cette couleur est prépondérante dans toutes ses observations.

Plusieurs séries d'expériences approfondies furent ensuite entreprises par MÜLLER³ dans des conditions expérimentales analogues.

Ses recherches avaient pour but le plus immédiat la détermination de la réduction zénithale, qui joue un rôle si important dans l'astrophotométrie pratique. Elles donnaient comme résultat une valeur moyenne du coefficient de transmission de 0.835, à laquelle ses tableaux d'extinction aussi sont basés. Cette valeur correspond, comme nous le voyons, à peu près à celle de BOUGUER. La valeur de MÜLLER se

¹ BOUGUER, P., *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*. Paris 1729.

² LAMBERT, J. H., *Photometria Sive de mensura et gradibus luminis colorum et umbræ* (1760). Edité par E. ANDING. Heft 2 p. 64 (Ostwald's Klassiker No. 32).

³ MÜLLER, G., *Publ. d. Astrophys. Obs. zu Potsdam*, Bd 3 p. 285, 1882.

rapporte également à un état moyen de l'atmosphère pour un lieu déterminé, situé au niveau de la mer.

Dans la détermination de l'absorption lumineuse par l'atmosphère, FORBES¹ et CROVA² ont déjà démontré en appliquant la simple loi de BOUGUER à une radiation complexe, qu'on doit trouver une transparence spécifique plus grande pour les grandes épaisseurs de l'atmosphère que pour les plus petites, ce qui correspond ainsi d'une part aux grandes distances et d'autre part aux petites distances zénithales.

Cette opinion d'une si grande importance fut ensuite exprimée sous une forme mathématique par LANGLEY³ après qu'il avait démontré, à l'aide de son spectro-bolomètre, la dépendance de l'absorption de la longueur d'onde. Il prouva rigoureusement que l'absorption moyenne d'environ 18 % de la radiation initiale, valeur trouvée à incidence verticale, selon le procédé mentionné, et sans division spectrale, doit être considérée comme une limite inférieure de la véritable absorption et que celle-ci doit par conséquent atteindre un chiffre plus élevé. Il expliqua: d'une part par l'accroissement continu et général de la constante d'absorption en allant dans le spectre du rouge à l'ultraviolet, d'autre part par l'influence discontinue des bandes d'absorption atmosphériques.

Après LANGLEY⁴ l'extinction spectrale a été l'objet d'expériences de la part de MÜLLER⁵ et ABNEY⁶, et ces dernières années, ce sujet a été repris par ABBOT et FOWLE⁷ et de nouveau par MÜLLER.⁸ Les résultats de ce dernier furent obtenus antérieurement à Potsdam, en comparant au moyen d'un photomètre spectral le spectre solaire à celui d'une flamme de pétrole. Les valeurs d'ABNEY furent trouvées par comparaison de différentes parties du spectre à la radiation totale du soleil. Cette dernière série, obtenue en partie au moyen de la photographie spectrale, comprend les longueurs d'onde entre 760 et 580 $\mu\mu$.

Les valeurs de LANGLEY, d'ABBOT et de FOWLE basées sur des expériences entreprises à l'aide du bolomètre, s'étendent aussi bien

¹ FORBES, J. D., Phil. Trans. of the R. Soc. of London p. 225, 1842.

² CROVA, A., Annales de Chimie et de Physique, Serie 5 t. 11 p. 433 et. 19 p. 167.

³ LANGLEY, S. P., American Journal of Science. 3 Ser. Vol. 28 p. 163, 1884.

⁴ » » Prof. papers of the Signal Service No. 15 1884.

⁵ MÜLLER, G., Publ. d'Astrophys. Obs. zu Potsdam Bd 8 p. 7, 1891.

⁶ ABNEY, W., Phil. Trans. of the R. Soc. of London p. 251, 1887.

⁷ ABBOT and FOWLE, Annals of the Astroph. Obs. of the Smiths Inst. Volume II p. 109, 1908.

⁸ MÜLLER, G., Publ. d. Astrophys. Obs. zu Potsdam Bd 22 No. 64, 1912.

sur la partie visible du spectre que sur l'infra-rouge. Elles furent exécutées en même temps que les expériences destinées à trouver la constante solaire, sa valeur absolue et ses variations éventuelles.

De ces diverses mensurations spectrales, surtout de celles de LANGLEY, ABBOT et FOWLE, il ressort clairement que nous devons distinguer l'influence de la diffusion et l'absorption sélective. Tandis que la diffusion occasionne une absorption continue embrassant toutes les longueurs d'onde, l'absorption sélective au contraire est caractérisée par de fortes bandes d'absorption, surtout dans la partie rouge et infra-rouge du spectre. Cette dernière est due aux composants gazeux de l'atmosphère, principalement à la vapeur d'eau et à l'acide carbonique.

Dans toutes les séries d'observations, les valeurs obtenues pour les coefficients de transmission montrent ainsi, d'une façon concordante, l'influence que subissent les différentes longueurs d'onde par la diffusion, en ce sens que ces coefficients diminuent constamment, à mesure qu'on se rapproche de la partie violette du spectre. Mais, en outre, les valeurs absolues sont naturellement variables, suivant les lieux d'observation. Pour MÜLLER (dans son ancienne série de Potsdam) et pour LANGLEY, les logarithmes des coefficients de transmission sont à peu près inversement proportionnels aux carrés des longueurs d'onde, tandis que dans la série d'ABNEY, ces mêmes logarithmes sont inversement proportionnels à la quatrième puissance de la longueur d'onde; les valeurs incertaines obtenues dans le violet et l'infra-rouge sont mises à part.

Du reste cette diminution continue de la transmission atmosphérique, pour les longueurs d'onde décroissantes, concorde avec la théorie émise par RAYLEIGH¹ sur la couleur de la lumière céleste et les phénomènes de polarisation.

En appliquant ceci à l'extinction, on obtient la relation

$\log p = -\frac{R}{\lambda^4}$, où p désigne le coefficient de transmission et R une constante.

Cette relation n'est généralement pas satisfaite dans l'extinction atmosphérique, ainsi qu'il ressort clairement des séries mentionnées, et du reste on doit s'y attendre car la proposition de RAYLEIGH concerne des particules plus petites que la longueur d'onde; ce n'est que dans des cas exceptionnels que, pour l'atmosphère, ceci sera réalisé.

¹ Lord RAYLEIGH (J. W. Strutt), Phil. Magaz. XLI p. 107 et 274 (1871).

» » XII p. 81 (1881).

RAYLEIGH,¹ en supposant les molécules gazeuses elles-mêmes comme centres perturbateurs, arriva, dans la discussion de cette question, à la relation

$$k = \frac{32 \pi^3 (\mu - 1)^2}{3 N \lambda^4}$$

où k est le coefficient d'extinction, μ l'indice de réfraction et N le nombre de molécules par cm^3 . En prenant le chiffre du coefficient de transmission obtenu par BOUGUER comme base de ses calculs, RAYLEIGH évalua à environ un tiers la partie de l'absorption atmosphérique qui dépend de cette diffraction moléculaire.

A l'aide de cette formule, SCHUSTER² a récemment calculé les coefficients de transmission pour les différentes longueurs d'onde, en se servant de la valeur $N = 2.72 \times 10^{19}$, obtenue par RUTHERFORD et GEIGER. En comparant ces calculs aux valeurs trouvées à WASHINGTON et MOUNT-WILSON par ABBOT, il trouve que l'extinction atmosphérique, au MOUNT-WILSON (altitude 1800 m.) dans des conditions atmosphériques favorables peut aisément s'expliquer par la diffraction moléculaire.

Au laboratoire pour des recherches solaires érigé à l'Institut de Physique de l'Université d'Upsala, sous la direction du préfet actuel, M. le Prof. G. GRANQVIST, des mesures permanentes sur le rayonnement solaire ont été exécutées. Un des principaux buts des recherches pendant les dernières années a été justement la détermination de la valeur absolue de la constante solaire. Pour cela, une connaissance exacte des coefficients d'extinction atmosphériques et de leur variabilité suivant les conditions atmosphériques est indispensable.

Une partie de ces recherches sur la constante solaire consiste donc dans la détermination des coefficients de transmission atmosphérique. Les recherches dont je donnerai dans la suite un exposé détaillé ont été poursuivies pendant l'année 1912.

Cette étude a été effectuée pendant le temps que j'ai été attaché au laboratoire.

C'est pour moi un devoir extrêmement agréable que d'exprimer ici toute ma profonde reconnaissance au préfet de l'Institut, Monsieur le Professeur G. GRANQVIST, qui a bien voulu me proposer cette étude et qui au cours du travail n'a pas cessé de me prodiguer ses précieux conseils.

¹ Lord RAYLEIGH (J. W. Strutt) Phil. Magaz. XLVII p. 375, 1899.

² SCHUSTER, A., Nature 81 p. 97, 1909.

Théorie d'Extinction.

Dans l'étude des problèmes de la réfraction et de l'extinction, on suppose l'atmosphère divisée en un nombre infini de couches homogènes, concentriques à la surface terrestre, de densités variables d'une façon continue, ce qui entraîne de ce fait la variation analogue de l'indice de réfraction. Si on ne considère que les rayons d'une certaine longueur d'onde déterminée, c-à-d. que le rayonnement ne soit pas modifié qualitativement par le passage à travers ces différentes couches, la loi exponentielle d'absorption peut être appliquée d'une manière rigoureuse

$$J_1 = J e^{-k\sigma}$$

σ désigne le chemin parcouru; k est le coefficient d'extinction par unité de longueur; J est l'intensité lumineuse incidente et J_1 l'intensité sortante.

Une simple hypothèse, quant à la diminution de l'intensité lumineuse par le passage à travers une faible couche atmosphérique, consiste en ce que cet affaiblissement est proportionnel à la masse atmosphérique traversée.

Le coefficient k peut donc être considéré comme une fonction de la densité atmosphérique δ , et si nous le supposons proportionnel à cette densité, on peut écrire $k = C\delta$.

La formule fondamentale de la théorie d'extinction devient alors:

$$\log J_1 = \log J - C \delta_0 \int \frac{\delta}{\delta_0} d\sigma \quad (1)$$

Ici, δ_0 désigne la densité à la surface terrestre, $d\sigma$ un élément de la trajectoire du rayon lumineux, soit de la courbe de réfraction; δ est la densité pour cet élément de la courbe. L'intégration sera étendue à toute la trajectoire. Posons:

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \int_0^H \frac{\delta}{\delta_0} dh \\ p &= e^{-C\delta_0\lambda} \\ F_z &= \frac{1}{\lambda} \int_0^H \frac{\delta}{\delta_0} d\sigma \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

p est le coefficient de transmission atmosphérique; H indique la hauteur totale de l'atmosphère. Désignons par J_z l'intensité à la surface terrestre, pour une distance zénithale apparante z , par J sa valeur aux limites de l'atmosphère, alors l'équation (1) pourra s'écrire comme suit:

$$\log J_z = \log J + F_z \log p \quad (1 \text{ a})$$

Le but de la théorie d'extinction est justement le calcul de l'intégrale F_z , qui indique ainsi la masse atmosphérique traversée par les rayons (unité est la masse λ d'une atmosphère dans la direction verticale).

Soit i l'inclinaison de la courbe de réfraction par rapport à la normale r à la surface sphérique de niveau, d'altitude h , nous avons alors pour l'élément de la trajectoire

$$d\sigma = \frac{dr}{\cos i}$$

D'après l'égalité:

$$r\mu \sin i = r'\mu' \sin i' = \dots = a\mu_0 \sin z$$

où a désigne le rayon terrestre et $\mu\mu'\dots\mu_0$ l'index de réfraction, μ_0 celui à la surface terrestre, on peut éliminer i . En introduisant la densité relative $x = \frac{\delta}{\delta_0}$ et en ayant $r = a + h$ on peut écrire l'expression F_z sous la forme suivante:

$$F_z = \frac{1}{\lambda} \int_0^H \frac{x dh}{\sqrt{1 - \left(\frac{a\mu_0}{r\mu}\right)^2 \sin^2 z}} \quad (3)$$

Dans toutes les théories d'extinction énoncées par LAMBERT, BOUGUER et LAPLACE et dernièrement par BEMPORAD, on s'est proposé la détermination de la fonction F_z .

LAMBERT¹ a négligé l'influence de la réfraction des rayons et a considéré de ce fait, la trajectoire comme rectiligne. Cette hypothèse

¹ LAMBERT, l. c.

peut s'exprimer par $\mu = \mu_0$ et le développement en série donne alors pour la fonction F_z :

$$F_z = \frac{1}{\lambda} \left\{ \sec z \int_0^H x \, dh - \frac{\sec z \operatorname{tg}^2 z}{a} \int_0^H x \, h \, dh + \frac{3}{2} \frac{\sec^3 z \operatorname{tg}^2 z}{a^2} \int_0^H x \, h^2 \, dh - \dots \right\} \quad (4)$$

La première intégrale $\int_0^H x \, dh$ est égale à λ et le premier terme de la série est donc $\sec z$. Les termes suivants ne peuvent être calculés qu'avec certaines hypothèses concernant la variation de la densité avec la hauteur. LAMBERT tourna cette difficulté en remplaçant ces intégrales inconnues par un nombre égal de coefficients indéterminés, qui devaient être obtenus d'après les observations.

BOUGUER¹ considéra également la trajectoire comme rectiligne, malgré qu'il tint compte de la diminution de densité avec la hauteur; il supposait en effet la loi de MARIOTTE satisfaite, mais en négligeant l'abaissement de température avec la hauteur.

Il émit ainsi l'hypothèse que la relation

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\delta}{\delta_0} = x \quad (5)$$

fut valable pour toute l'atmosphère.

Comme équation d'équilibre de l'atmosphère, il substitue à la formule exacte:

$$dp = -g_0 \left(\frac{\alpha}{r} \right)^2 \delta \, dh \quad (6)$$

la forme simplifiée suivante:

$$dp = -g_0 \delta \, dh = -g_0 \delta_0 x \, dh \quad (6 \text{ a})$$

Il néglige ainsi la diminution de l'intensité de la pesanteur avec la hauteur.

Des équations (5) et (6 a) on tire

$$dx = -\frac{x}{l_0} \, dh \quad (7)$$

donc

$$\log x = -\frac{h}{l_0}$$

¹ BOUGUER, l. c.

où $l_0 = \frac{p_0}{g_0 \delta_0}$ désigne la hauteur de l'atmosphère homogène réduite. Cette conception concerne une atmosphère idéale, ayant partout la même densité δ_0 que l'atmosphère véritable au lieu d'observation, et exerçant la même pression p_0 .

BOUGUER arrive enfin à la formule suivante:

$$F_z = \sec z - \frac{1}{2} \frac{l_0}{a} \sec z \operatorname{tg}^2 z + \left(l_0 - \frac{1}{3} a \cos^2 z \right) \frac{l_0 \operatorname{tg}^2 z}{2 a^2 \cos^3 z} - \dots \quad (8)$$

BEMPORAD¹ en partant des hypothèses de BOUGUER arrive dans l'étude de ce problème à la série suivante, qui se distingue de la précédente déjà dans le second terme:

$$F_z = \sec z - \frac{l_0}{a} \sec z \operatorname{tg}^2 z + \frac{3}{2} \frac{l_0^2}{a^2} \sec^3 z \operatorname{tg}^2 z - \dots \quad (8 \text{ a})$$

LAPLACE² réalisa un progrès dans la théorie de l'extinction en considérant la réfraction des rayons. Il s'appuya sur la validité de la loi de MARIOTTE et négligea l'abaissement de la température avec la hauteur.

En ne tenant pas compte de la variation de la température avec la hauteur, ainsi que de la variation de l'intensité de la pesanteur, nous recevons, en employant les mêmes notations que précédemment:

$$\begin{aligned} p &= \delta = \delta_0 x \\ l_0 dx &= -x dh \end{aligned} \quad (9)$$

D'après l'égalité de LAPLACE

$$\mu^2 = 1 + 2 c \delta$$

nous recevons

$$\begin{aligned} \mu d\mu &= c d\delta = c \delta_0 dx \\ l_0 dx &= \frac{l_0 \mu d\mu}{c \delta_0} \end{aligned} \quad (10)$$

Ensuite, dans l'expression de F_z on substitue $-l_0 dx$ à $x dh$ et λ à l_0 (car aussi dans ce cas $\log x = -\frac{h}{l_0}$ et ainsi $\lambda = \int_0^\infty x dh = \int_0^\infty e^{-\frac{h}{l_0}} dh = l_0$) et on obtient après le changement des limites d'intégration

¹ A. BEMPORAD, Mem. della Soc. degli Spettroscopisti ital. XXX, p. 217, 1901.

² P. S. LAPLACE, Mécanique Céleste IV Chap. 3. Paris 1805.

$$F_z = \frac{1}{c \delta_0} \int_1^{\mu_0} \frac{\mu d\mu}{\sqrt{1 - \left(\frac{a\mu_0}{r\mu}\right)^2 \sin^2 z}}$$

Puisque l'on peut écrire la formule fondamentale de la théorie de réfraction sous la forme

$$R = \int_1^{\mu_0} \frac{\frac{\mu_0 a}{\mu r} \sin z}{\sqrt{1 - \left(\frac{\mu_0 a}{\mu r}\right)^2 \sin^2 z}} \cdot \frac{d\mu}{\mu}$$

On en déduit

$$dF_z = \frac{1}{c \delta_0} \frac{dR}{\sin z} \cdot \mu^2 \cdot \frac{r\mu}{a\mu_0}$$

Les valeurs μ^2 et $\frac{r\mu}{a\mu_0}$ se distinguant très peu de l'unité, nous arrivons donc finalement en posant ces valeurs égales à l'unité, à la formule de LAPLACE

$$F_z = \text{const.} \frac{\text{Refr.}}{\sin z} \quad (11)$$

Récemment, BEMPORAD¹ est arrivé à une expression plus rigoureuse de la fonction F_z en tenant compte très exactement de la réfraction atmosphérique.

BEMPORAD se base sur l'hypothèse d'un abaissement uniforme de la température avec la hauteur. Il a donné en tableaux détaillés le calcul de la fonction F_z et, d'après ces résultats, la masse atmosphérique traversée peut être calculée, en unités de masse atmosphérique zénithale.

Le tableau 1 ci-inclus donne un court aperçu des valeurs F_z , d'après les théories de LAMBERT, BOUGUER, LAPLACE et d'après BEMPORAD. La première colonne donne la distance zénithale apparente.

¹ A. BEMPORAD, Mitteilungen der Grossherzoglichen Sternwarte zu Heidelberg. N:o 4. 1904.

Tableau 1.

Z	Masse atmosphérique traversée F_z			
	Lambert	Bouguer	Laplace	Bemporad
0°	1.000	1.000	1.000	1.000
60°	1.997	1.993	1.993	1.995
70°	2.909	2.897	2.899	2.904
80°	5.647	5.551	5.563	5.600
85°	10.663	10.142	10.196	10.395
88°	20.858	18.677	18.835	19.787

L'influence de l'abaissement de température avec la hauteur, dont a tenu compte BEMPORAD, ne semble pas jouer un rôle bien considérable. De même, l'influence de la réfraction n'est que minime pour des distances zénithales qui ne sont pas trop considérables. Les valeurs de F_z calculées d'après les formules de BOUGUER et LAPLACE ne diffèrent en effet que de quantités minimales pour des distances zénithales moindres que 85°.

Dispositif expérimental.

Les recherches ont été poursuivies à l'Institut de Physique, dont la tour fut aménagée en vue des recherches sur le rayonnement solaire. Le plan de la salle d'observation, avec la plate-forme attenante est représenté par la planche 1.

Au dehors, sur la plate-forme, en *A* est monté un sidérostàt à mouvement d'horlogerie. Sur la balustrade en *B*, se trouve un trépied, supportant un miroir plan, qui envoie dans la salle d'observation un faisceau lumineux. Celui-ci passe à travers une ouverture *K* de la paroi, ouverture formée d'un tuyau circulaire de 20 cm. de diamètre, enchassé dans le mur même, et pourvu à chaque extrémité d'un diaphragme de 15 cm. de diamètre. *C* et *D* sont des supports portant chacun un miroir concave, et *F* représente la table du spectrobolomètre sur laquelle est monté l'appareil spectral. Les autres parties du bolomètre sont disposées dans un compartiment par-dessous. *G* est le galvanomètre-enregistreur, protégé par une simple tôle de blindage en fer; dans son voisinage immédiat se trouve placée la lampe de projection. *E* est le support de la plaque photographique, qui communique par un engrenage avec la table de l'appareil spectral.

La figure 1 représente d'une façon plus détaillée, le dispositif expérimental, avec l'orientation réciproque des diverses parties.

A partir du miroir *A* du sidérostàt, le faisceau lumineux est envoyé horizontalement dans la direction du miroir *B*, d'où il est projeté dans la chambre d'observation, à travers *K*, sur le miroir sphérique concave *C*. L'image ainsi reçue est agrandie et projetée à l'aide du miroir concave *D* sur la fente *S*. L'image solaire ainsi obtenue définitivement a environ 1 cm. de diamètre.

Le faisceau lumineux traverse ensuite l'appareil spectral, dont le système dispersif est composé d'un prisme de sel gemme *L*, de déviation constante, (à savoir 90°) et la collimation s'effectue au moyen des miroirs sphériques concaves *M* et *N*.

Pour permettre les observations, il est évident que l'installation des différents instruments doit être faite aussi solidement que possible,

surtout en ce qui concerne les parties du dispositif situées en dehors de la tour et, par conséquent, directement exposées au vent. Aussi, il nous a été d'une grande utilité de pouvoir disposer, en vue de nos observations, d'un grand sidérostàt; grâce à M. le Professeur B. HASSELBERG, l'Académie Royale des Sciences à Stockholm a bien voulu nous en prêter un de grand modèle. C'est un sidérostàt du type FOUCAULT avec support à miroir et les instruments nécessaires pour son ajustage parallactique. Il est monté sur un chariot, et peut ainsi être gardé généralement dans la chambre, ou au moyen de rails disposés

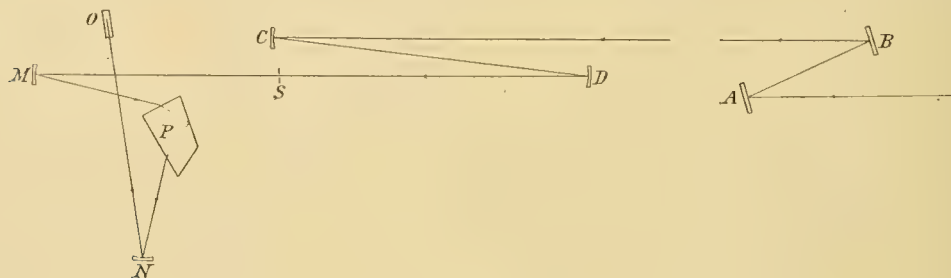


Fig. 1.

il peut être amené au-dehors dans la direction Nord—Sud, (comme l'indique le plan). Après la mise au point pour la déclinaison et l'angle horaire, le faisceau lumineux est réfléchi dans une direction constante vers le Sud. Grâce au dispositif adopté, il n'y a aucune difficulté à placer le sidérostàt dans la position fondamentale, correspondant à l'arrangement général et ceci avec une telle précision qu'aucune rectification n'est nécessaire pendant les 13 minutes nécessitées pour un bologramme.

Le mouvement d'horlogerie du sidérostàt est solidement monté sur la plate-forme et est régi par un mouvement pendulaire actionné par des poids. Les miroirs *A—D* ainsi que les miroirs de l'appareil spectral sont tous des miroirs de verre argentés extérieurement; *A* et *B* sont plans, et les autres concaves. Le Tableau 2 ci-dessous donne les diamètres et les distances focales des miroirs différents.

Tableau 2.

Miroir	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
Diamètre	25 cm.	20 cm.	10 cm.	10 cm.	5 cm.	5 cm.
Dist. foc.	∞	∞	60 »	60 »	38 »	38 »

La fente S de Fuess est symétrique, et pourvue d'une vis micrométrique graduée; 100 divisions de l'échelle, soit un tour de vis, correspondent à une largeur de $\frac{1}{6}$ mm.

Le prisme.

Pour éviter autant que possible les perturbations de l'aiguille du galvanomètre, inconvénient qui se rencontre souvent pendant le travail

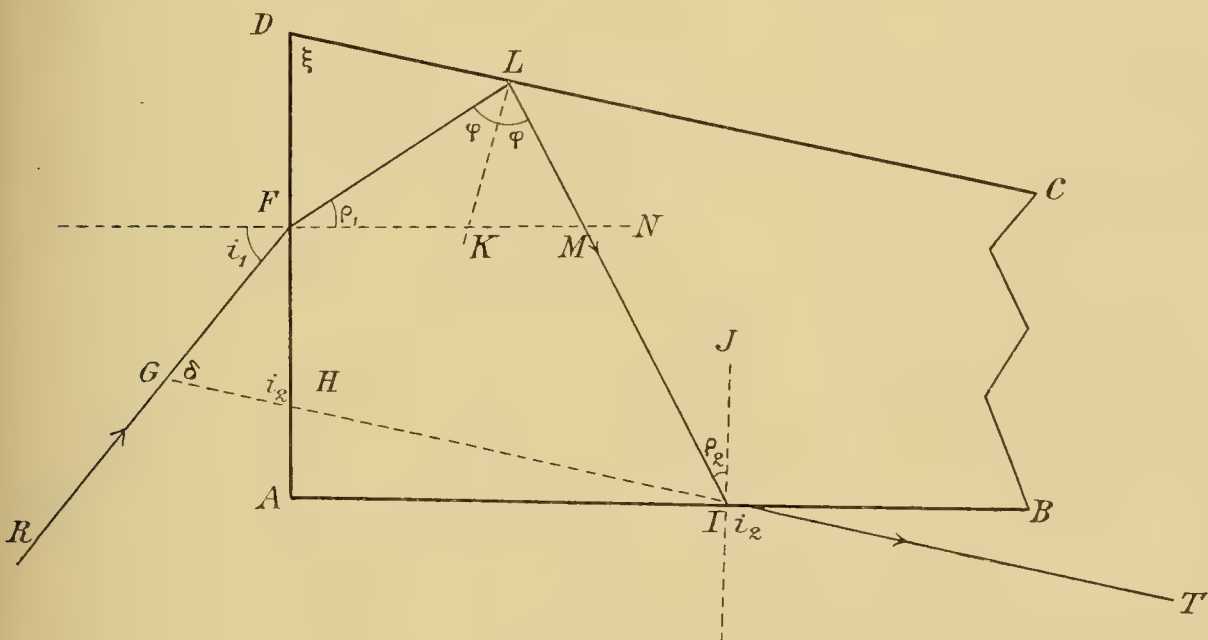


Fig. 2.

au spectrobolomètre, il nous a paru avantageux d'utiliser une installation spectrale permettant un montage fixe du bolomètre.

On peut ainsi éviter, entre autres, les tensions des fils conducteurs, comme ceci se rencontre fréquemment avec l'ancien type de dispositif, à prisme à trois faces et à installation automatique de déviation minima.

Dans notre cas, nous avons donc employé un prisme de déviation constante, ce qui nous a permis une installation fixe du bolomètre.

La figure 2 représente un croquis de la base de ce prisme à 4 faces. PELLIN et BROCA¹ ont calculé le cas spécial d'un tel prisme.

¹ P. PELLIN et A. BROCA: Journal de Phys. (3) Vol. 8 p. 314, 1899.

L'angle BAD est de 90° , tandis que ADC a une valeur de 45° à 90° ; la figure donne en outre l'aspect général de la déviation totale d'un rayon incident RF .

Supposons un rayon traversant le prisme dans la direction de la ligne complète $RFLIT$; les normales aux côtés AD , DC et AB sont désignées par FN , LK et IJ .

Puisque $\angle FHG = \angle JIH$, on aura d'après le triangle FGH la déviation totale δ

$$\delta = 90^\circ + i_1 - i_2 \quad (1)$$

$$\angle MKL = \xi \quad \text{donc} \quad \varphi_1 = \xi - \varphi \quad (2)$$

$$\text{et du triangle } KML, \text{ on a: } \varphi_2 = \xi + \varphi - 90^\circ \quad (3)$$

En combinant les équations (1), (2) et (3) avec les relations:

$$\begin{aligned} \sin i_1 &= n \sin \varphi_1 \\ \sin i_2 &= n \sin \varphi_2 \end{aligned}$$

où n désigne l'indice de réfraction, nous recevons:

$$\delta = 90^\circ + \arcsin [n \sin (\xi - \varphi)] - \arcsin [n \sin (\xi + \varphi - 90^\circ)] \quad (4)$$

Si maintenant

$$\xi - \varphi = \xi + \varphi - 90^\circ$$

$$\text{ou} \quad \varphi = 45^\circ \quad \text{alors} \quad \delta = 90^\circ$$

et sera indépendant de n et ξ .

D'après les équations (2) et (3), nous obtenons pour cette valeur de φ

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \xi - 45^\circ$$

Dans le cas où nous employons un prisme ordinaire à 3 faces, la condition $\varphi_1 = \varphi_2$ est la condition suffisante et nécessaire pour la déviation minima.

Puisque la réflexion totale dans un prisme à déviation constante ne doit pas modifier le caractère réfringent des radiations, il en résulte que tandis que la normale à l'onde se trouve déviée par réflexion interne de 90° , les ondes sortantes possèdent tous leurs caractères essentiels, comme dans le cas du passage à travers un prisme à 3 faces, dans la direction de déviation minima.

Or nous avons vu que lorsque $\varphi = 45^\circ$, la déviation constante prend la valeur de 90° et est alors indépendante de n , c'est-à-dire de la longueur d'onde de la radiation transmise. Ceci fait que le prisme de PELLIN et BROCA est surtout utilisable dans les appareils spectraux et qu'il est alors à préférer au prisme ordinaire à 3 faces de même puissance dispersive. Car au cas du prisme quadrilatère on peut amener les rayons émergents de différentes longueurs d'onde successivement au croisement des fils du réticule de la lunette simplement par rotation du prisme, la lunette restant fixe, sous un angle constant de 90° par rapport à l'axe du collimateur. Aussi les rayons traversent le prisme sous des conditions qui sont les plus favorables pour la formation de l'image.

Si 2τ désigne l'angle réfringent dans un prisme triangulaire, alors $\varphi_1 = \varphi_2 = \tau$ à la déviation minima. Un prisme de PELLIN et BROCA de l'angle ξ est ainsi équivalent à un prisme triangulaire d'angle réfringent 2τ si $\tau = \xi - 45^\circ$.

On peut ainsi considérer un prisme quadrilatère de 75° , comme formé de 2 prismes à 30° et d'un prisme de 45° avec réflexion à angle droit.

Le prisme employé était de ce type, formé de sel gemme.

En ce qui concerne l'installation du prisme, il est évident que la position de l'axe de rotation par rapport à ceux de la lunette et du collimateur et au prisme lui-même, est d'une grande importance. Par une rotation du prisme, il se produit en effet un déplacement parallèle du faisceau sortant; il s'en suit que les diverses longueurs d'onde du spectre sont déplacées les unes par rapport aux autres sitôt qu'une aberration chromatique se produit, ou que la mise au point au foyer du bolomètre n'est pas tout-à-fait précise.

Dans le dispositif spectral employé, seul ce dernier cas peut être pris en considération.

UHLER¹ a discuté l'installation du prisme et considéré la disposition de l'axe de rotation, de telle sorte que le déplacement parallèle puisse être rendu minimum pour une zone déterminée du spectre.

Dans la fig. 3, les axes fixes des cordonnées OX , OY désignent l'axe optique de la lunette et celui du collimateur.

Le rayonnement est supposé passer dans la direction YO avant l'incidence sur la première face du prisme et après sa sortie le long d' OX . Autrement dit les ondes lumineuses se meuvent le long de l'axe

¹ H. S. UHLER, The Phys. Review. Vol. 29, p. 37, 1909.

des ordonnées dans le sens négatif et le long de l'axe des abscisses dans le sens positif. Désignons par P l'axe de rotation situé dans le plan XY , par x_0, y_0 , les coordonnées du point P , et prenons ensuite A (l'intersection des faces du prisme perpendiculaires entre elles) comme origine d'un système mobile de coordonnées, avec AB comme axe des X' et AD comme axe des Y' . Dans la position indiquée par

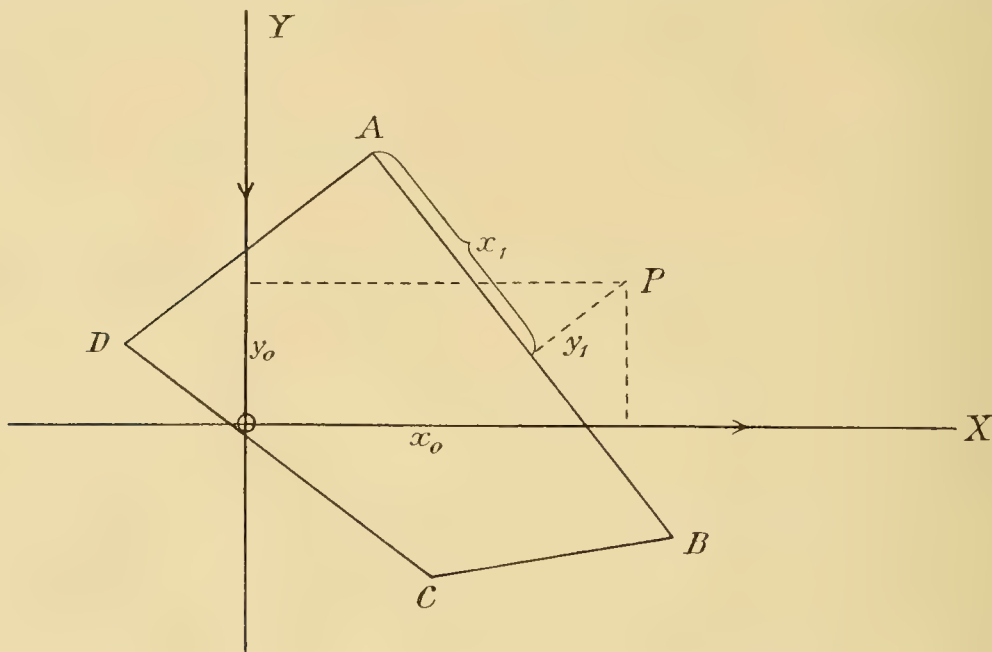


Fig. 3.

la figure, les coordonnées de l'origine variable (A) sont x_1, y_1 . Les coordonnées de l'axe de rotation peuvent être déterminées dans les deux systèmes d'axes. Posons ensuite la condition que la déviation du rayon central par rapport à l'axe de la lunette soit minimum dans un intervalle angulaire donné. On arrivera de la sorte aux valeurs suivantes, pour les quatre coordonnées, exprimées en fonction de b , largeur de la première face du prisme, qui détermine ainsi la largeur du faisceau lumineux incident, en fonction de l'angle $\tau = \varphi_1 = \varphi_2$ et des angles d'incidence I_1 et I_2 pour les longueurs d'onde extrêmes de la région spectrale donnée.

$$\begin{cases} x_1 = A \sin \frac{1}{2} (I_1 + I_2) \\ y_1 = -B \sin \frac{1}{2} (I_1 + I_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_0 = A \cos^2 \frac{1}{4} (I_1 - I_2) \\ y_0 = -B \cos^2 \frac{1}{4} (I_1 - I_2) \end{cases}$$

A et B sont des quantités auxiliaires, qui ont les expressions suivantes:

$$A = \frac{b \cos \frac{1}{2} (I_1 + I_2 - \omega)}{2 \cos \frac{1}{2} \omega}$$

$$B = \frac{b \sin \frac{1}{2} (I_1 + I_2 - \omega)}{2 \cos \frac{1}{2} \omega}$$

on trouvera ω à l'aide de l'égalité

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \omega = 1 + 2 \operatorname{tg} \tau$$

Pour le prisme employé, j'ai déterminé les coordonnées correspondantes et considéré la région spectrale de $\lambda_1 = 0.4 \mu$ à $\lambda_2 = 4.125 \mu$. Pour le sel gemme nous savons que:

$$\begin{array}{ll} n_{\lambda_1}^1 = 1,5677 & \text{d'où} \quad I_1 = 51^\circ 37' \\ n_{\lambda_2} = 1,5216 & \quad \gg \quad I_2 = 49^\circ 32' \end{array}$$

Ensuite, nous avons mesuré $b = 49$ mm. et de $\tau = 30^\circ$, il en résulte $\frac{1}{2} \omega = 65^\circ 6'$

A l'aide de ces valeurs, nous avons déterminé pour le prisme du sel gemme employé

$$\begin{array}{ll} x_1 = +44 \text{ mm.} \\ y_1 = +11 \quad \gg \\ x_0 = +56 \quad \gg \\ y_0 = +15 \quad \gg \end{array}$$

¹ Pour la dispersion du sel gemme, voir page 27.

Réglage de l'appareil spectral.

La Planche 2 reproduit l'installation spectrale. Sur une plaque de marbre, pourvue de vis à niveau sont fixés des supports portant les deux tubes de la fente et du bolomètre, ainsi que les deux miroirs. La table du prisme est au milieu de cette plaque et est mobile autour d'un axe vertical. Elle est composée de différentes pièces et la partie supérieure peut être ajustée au moyen de vis à support, de telle façon qu'elle soit à angle droit sur l'axe de rotation. Pour la mise au point j'ai procédé de la manière suivante: Le prisme une fois placé sur la table, les faces ont été amenées perpendiculairement à l'axe de rotation par l'emploi de la lunette avec oculaire de GAUSS. La fente a ensuite été placée parallèlement à l'arête réfringente du prisme. Pour amener le prisme dans la position indiquée plus haut, il a d'abord été nécessaire de fixer préalablement les axes correspondantes du collimateur et de la lunette perpendiculairement entre eux. Pour cela, je me suis servi d'un prisme de verre de 45° , avec réflexion à angle droit, dont la moitié inférieure de l'une des faces de l'angle droit était argentée et permettait ainsi de placer exactement cette face perpendiculairement à la direction des rayons parallèles arrivant du premier miroir.

Ce prisme de réflexion était ensuite installé de telle façon que son hypoténuse passe en un point de la table du prisme, dont la distance à l'axe de rotation soit égale à $x_0 y_0$.

Si la fente est éclairée par une source lumineuse (dans notre cas une lampe Nernst) et si le prisme est ajusté de la manière indiquée, le rayon central du faisceau lumineux parallèle sortant doit, par un réglage exact, arriver au centre du second miroir, puis après réflexion, sur le fil du bolomètre. Le second miroir était placé de telle sorte que la condition premièrement indiquée soit satisfaite et par rotation du miroir, l'image de la fente était amenée à couvrir le fil du bolomètre. Comme d'habitude, la partie postérieure du tube bolométrique était alors pourvue d'un oculaire. Une fois les axes ainsi fixés, le prisme de verre est remplacé par le prisme de sel gemme, à quatre faces, de telle façon que A (voir fig. 3) soit à la distance $x_1 y_1$ de l'axe de rotation. Eclairons la fente par de la lumière monochromatique, p. ex. à l'aide d'une flamme de sodium et tournons la table du prisme jusqu'à ce que l'image de la fente arrive à couvrir le fil bolométrique. Dans cette position du prisme, le faisceau lumineux se présente alors

sous les mêmes conditions qui régissent le passage du rayonnement à travers un prisme à trois faces, à déviation minima; en ce qui concerne le rayonnement composé il en est de même pour chaque région spectrale qui arrive en coïncidence avec le fil du bolomètre.

Disposition du bolomètre et de l'appareil-enregistreur.

Le même bolomètre, avec ses dispositions du pont, dont s'est servi auparavant K. ÅNGSTRÖM¹ a été employé dans ces recherches.

Les bandes du bolomètre sont des fils de Pt. ayant un des côtés noirci par la fumée, de 0.15 mm. de largeur, 1.5 cm. de longueur et environ 4 ohms de résistance. Les fils font partie de la combinaison de pont de Wheatstone, où les deux autres branches sont chacune composées d'une résistance en maillechort, à peu près égale à celle des fils du bolomètre. Le réglage se fait avec précision au moyen d'un contact de glissement le long d'un fil de manganine d'un diamètre d'environ 1 mm. qui fait communiquer les deux résistances en maillechort.

Un accumulateur donna la force du courant et ce courant du circuit principal fut réduit au moyen d'une grande résistance à environ 0.05 ampère. Le galvanomètre du pont était du type d'ÅNGSTRÖM et les déviations ont été enregistrées d'après les principes donnés par ÅNGSTRÖM.

Les bobines du galvanomètre sont couplées parallèlement et ont chacune une résistance de 10 ohms. Pour une distance de l'échelle de 2 m. le galvanomètre donna une déviation de 1 mm. pour une force du courant de 2×10^{-9} ampère. Une lame mince de mica fixée à l'équipage est destinée à amortir les oscillations du galvanomètre. A cette disposition le rapport de deux amplitudes successives fut 3.5 et la durée d'une oscillation complète fut de 12 secondes.

Puisqu'une mesure bolométrique aboutit à une mesure de changement d'une des résistances dans la combinaison de pont de Wheatstone, la règle générale de celle-ci est aussi valable dans ce cas c'est-à-dire que le rapport des résistances est le plus favorable en donnant

¹ K. ÅNGSTRÖM: Arkiv för Mat., Astr. och Fysik No. 30. 1908.

aux quatre résistances et celle du galvanomètre la même valeur. En supposant celle-ci égale à une ohm la force du courant dans le pont peut être considérée comme proportionnelle au produit de la force du courant dans le circuit principal et du changement de la résistance, en pour cent, changement produit par l'échauffement de l'un des fils du bolomètre. La variation de la résistance, causée par le rayonnement, peut ensuite être considérée comme proportionnelle à l'énergie de la radiation. Il est bien évident que cette relation aussi est valable si la variation en pour cent, est produite par l'introduction d'une faible résistance supplémentaire dans l'une des branches. De cette façon nous possédons un moyen de contrôle et nous pouvons même déterminer la sensibilité relative de l'appareil bolométrique, y compris le galvanomètre. La réduction des déviations du galvanomètre à une sensibilité donnée, est conforme au principe proposé par K. ÅNGSTRÖM. Dans mes déterminations, je me suis servi du dispositif qu'ÅNGSTRÖM a décrit plus en détail dans: *Öfversigt af Kungl. Vet. Akad. Förhandl. Årg. 45, pag. 379, 1888.*

En vue d'enregistrer la courbe de l'énergie, on a employé un appareil enregistreur photographique comme je l'ai déjà mentionné plus haut, et à l'aide de ces courbes enregistrées qui ont été prises pour des hauteurs solaires différentes, il s'agissait de déterminer la transmission atmosphérique pour diverses longueurs d'onde. Une telle disposition fut employée pour la première fois dans un but identique par LANGLEY¹. L'installation décrite par ÅNGSTRÖM² fut celle qui a servi dans nos recherches.

Comme lampe à projection nous avons employé une lampe Osram de 10 volts. La lumière émise par le fil lumineux fin et vertical, arrive latéralement sur le miroir du galvanomètre et est réfléchi suivant une direction horizontale sur le châssis de la plaque. Une lentille intercalée entre le miroir du galvanomètre et le châssis, donne sur la plaque une image nette du fil lumineux. Par une étroite fente horizontale, placée sur la petite chambre noire, où se trouve la plaque, l'image du fil lumineux est réduite sur la plaque à un point.

La plaque, mise en mouvement, se déplace verticalement, et comme les déviations du galvanomètre se font dans le sens horizontal, la courbe de l'énergie se trouve dessinée en coordonnées rectangulaires.

¹ S. P. LANGLEY: *Annals of the Astrophys. Obs. of Smithsonian Institution. Vol. I, p. 56. 1900.*

² K. ÅNGSTRÖM: *Phys. Rev. 3, p. 138. 1895.*

L'une des coordonnées est proportionnelle à la distance angulaire du spectre, et l'autre à l'énergie de la radiation correspondante.

Le châssis, avec son mouvement d'horlogerie, est monté sur un statif en bois. La boîte contenant la plaque est placée sur un cadre métallique, qui peut glisser le long de deux solides montants verticaux. En glissant sur une poulie au-dessus un cordon d'acier est fixé à la partie supérieure du cadre et porte de l'autre côté un contre poids. Le mouvement ascendant et descendant de la plaque s'effectue à l'aide de deux petites poulies en acier, entre lesquelles passe le cordon mentionné. Ces poulies sont mises en mouvement par un système de roues dentées actionnées par des poids tombants qui entraînent ainsi par frottement le cordon d'acier et à la fois la plaque photographique en mouvement. La vitesse est réglée à volonté au moyen d'ailes métalliques placées sur l'axe de rotation. L'appareil spectral est en communication avec ce système de roues dentées, par l'intermédiaire d'un simple engrenage, qui à son extrémité opposée se termine par une vis. Celle-ci pendant la marche de l'appareil, entraîne un bras fixé à la table du prisme comme montre la planche 2. et de la sorte détermine la rotation de celle-ci. Ainsi le mouvement d'horlogerie, une fois mise en marche, communique à la plaque un mouvement qui, simultanément, entraîne le prisme dans une rotation continue.

Pour éviter le tant perdu de la vis réglant la rotation du prisme, il est nécessaire de procéder aux enregistrements toujours dans une même direction déterminée, depuis les grandes longueurs d'onde vers les plus courtes; et ceci a été réalisé dans chaque cas d'observation. L'engrenage a été construit de telle façon que le spectre s'échelonnant entre les longueurs d'onde d'environ 5.0μ et 0.4μ puisse trouver place sur une plaque de 18 cm. de longueur.

Marche d'une série d'expériences.

Ayant laissé tout d'abord quelques instants le courant fermé, je mis d'abord le pont au zéro. Ensuite, pendant le reste de la journée, lorsque se poursuivait l'enregistrement, le courant de la batterie ainsi que le circuit du galvanomètre furent laissés fermés. Le sidérostas fut amené dans sa position déterminée et mis au point sur la déclinaison et

l'angle horaire voulu; après avoir mis le mouvement d'horlogerie en marche, le faisceau lumineux fut réglé de telle sorte que l'image solaire arriva sur la fente de l'appareil spectral, entre des repères dessinés dans ce but.

Le miroir *B* (v. fig. 1) ainsi que le miroir concave *C* étaient pourvus chacun d'un dispositif de réglage en hauteur et latéralement. Le faisceau lumineux fut interrompu ensuite, au moyen d'un écran métallique placé immédiatement devant la fente; puis le contact de glissement du pont fut réglé de telle façon que l'image des fils lumineux de la lampe à projection se trouve amenée sur la plaque. Ayant disposé ces différents instruments, on pouvait procéder à l'enregistrement. Mais auparavant la résistance d'essai fut introduite et la déviation correspondante du galvanomètre fut repérée sur la plaque. Habituellement, on a procédé à une pareille détermination de la sensibilité avant le premier et après le dernier enregistrement, sur chaque plaque. Généralement plusieurs bologrammes furent pris sur la même plaque, et l'heure exacte fut notée au commencement et à la fin de chaque bologramme, en même temps que fut marquée la ligne du zéro.

Partant de la position extrême dans l'infra-rouge, tout le spectre fut d'abord enregistré d'une manière générale entre $\lambda = 3.0 \mu$ et $\lambda = 0.4 \mu$; la courbe ainsi obtenue est désignée dans la suite par la lettre α . La largeur de la fente a été dans ce cas de 28 divisions de l'échelle. Pour obtenir des déviations plus grandes, autant dans l'extrême infra-rouge que dans le spectre visible, le spectre fut parcouru encore une fois en employant des largeurs de fente plus grandes, variant de 103 à 254 divisions de l'échelle. Les courbes ainsi obtenues (voir la Planche 3) ont été désignées par β , β' , β'' et β''' , où β correspond à la région de longueur d'onde à 3.5μ et les autres lettres indiquent les régions spectrales de longueurs d'onde décroissantes, de telle sorte que β''' marque la distribution de l'énergie dans la zone située entre 0.5μ et des longueurs d'ondes plus courtes. Il fallait environ 40 minutes pour prendre sur une même plaque l'enregistrement d'une telle série de bologrammes. Dans le cas d'un temps favorable aux observations, les plaques furent prises les unes après les autres, aussi rapidement que possible.

Mesurage des plaques.

Pour mesurer les plaques, je me suis servi d'une simple reproduction d'un réseau quadrillé millimétré. La réduction était de $\frac{2}{3}$ et l'image fut obtenue sur une plaque analogue à celles utilisées pour les bologrammes. Le réseau millimétré fabriqué à Cederquists Grafiska Aktiebolag à Stockholm, fut ensuite contrôlé, à l'aide d'une machine à diviser, ce qui me prouva qu'il n'y avait aucune erreur de reproduction suffisamment importante pour pouvoir influencer les mesures. Pour ces dernières j'ai employé le dispositif suivant.

Dans un cadre métallique inférieur, tournant dans son propre plan, se trouve placé le réseau quadrillé, avec le côté de la gélatine en dehors. Contre cette face se trouve la plaque du bologramme, placée de telle manière que les deux couches de gélatine se touchent, permettant ainsi une lecture sans parallaxe. La plaque du bologramme, placée dans un châssis, peut être déplacée parallèlement à elle-même, dans son propre plan latéralement ou verticalement au moyen de deux dispositifs de glissière à angle droit l'un sur l'autre. Cet arrangement permet, dans des limites assez étendues, de placer le bologramme et le réseau quadrillé dans des positions différentes l'un par rapport à l'autre.

Pendant l'enregistrement, furent d'autre part marquées sur chaque plaque la direction de son mouvement ainsi que celle de la déviation du galvanomètre. La direction du mouvement de la plaque fut tracée à l'aide d'un simple dispositif de miroir: Un miroir fixé immédiatement derrière celui du galvanomètre envoie une image sur la plaque, image qui dessine, par suite du mouvement de celle-ci une ligne parallèle au sens du déplacement. La direction de déviation du galvanomètre fut habituellement marquée pendant que je déterminais la sensibilité, en arrêtant un instant le mouvement d'horlogerie, au moment de l'introduction de la résistance d'épreuve.

Nous fixons ainsi un système de coordonnées sur le réseau quadrillé, les axes x et y étant l'axe de déviation et celui d'intensité. Par rotation de la plaque inférieure, l'axe y peut être ajusté parallèlement à la direction de déviation du galvanomètre, marquée comme il vient d'être mentionné plus haut. Ayant choisi la raie A comme origine, je désigne l'abscisse de ce point par 0. Les mesures ont été

faites en lisant les ordonnées pour chaque cinquième des divisions sur l'axe des abscisses, dans l'intérieur du spectre visible et autour des sommets de la courbe de l'énergie dans la partie infra-rouge. Dans le cas où la position d'équilibre du galvanomètre est restée constante pendant l'enregistrement, l'axe des x peut être placé suivant la ligne du zéro et on peut mesurer l'ordonnée correspondante à chaque valeur de l'abscisse. Les valeurs mesurées sont donc proportionnelles à l'intensité de la longueur d'onde correspondante à l'abscisse considérée.

Cependant, on a souvent constaté un déplacement de la position d'équilibre du galvanomètre. En supposant que ce déplacement soit proportionnel au temps, on peut l'éliminer quand la ligne du zéro a été fixée avant et après l'enregistrement. Si nous supposons, pour plus de simplicité, une origine de notre système de coordonnées placée au point final de l'une des lignes du zéro, la correction de l'ordonnée, pour une distance x de cette origine, sera égale à $x \cdot \frac{x_1}{y_1}$, où x_1 et y_1 , désignent les coordonnées du second point final de la courbe. La valeur corrigée de l'intensité est ensuite désignée par J_z .

L'exactitude des mesures dépend en grande partie de la précision avec laquelle l'axe des x a pu être amené en coïncidence avec la ligne du zéro. En général, chaque bogramme a été mesuré 2 à 3 fois, en procédant chaque fois à une nouvelle mise au point; la différence des valeurs ainsi trouvées n'a pas varié de plus de 0.2 divisions de l'échelle.

L'erreur des mesures s'élève, pour la partie rouge et la zone moyenne du spectre, à 0.5 %, tandis qu'elle peut doubler pour les parties extrêmes du spectre.

Détermination de la longueur d'onde.

Il n'a pas été possible d'évaluer le spectre en longueurs d'onde en mettant au point le bolomètre sur les différentes raies de Fraunhofer et repérant les positions correspondantes sur la plaque photographique.

Le pouvoir dispersif du prisme et les distances focales des miroirs sont relativement faibles, et d'autre part le fil du bolomètre occupe une zone assez conséquente du spectre.

Au lieu donc de procéder comme ci-dessus, j'ai projeté le spectre solaire, à l'aide d'un réseau, dans le plan de la fente de l'appareil spectral et mis au point les différentes raies de FRAUENHOFER sur l'ouverture de la fente. Dans ce but, une fente verticale fut amenée dans le plan de l'image du miroir *C* (v. fig. 1), et le miroir *D* fut remplacé par un réseau pouvant tourner autour d'un axe vertical. Ce réseau était concave et de petite dimension, possédant un foyer principal de 2.5 mètres. Je me suis servi de sa spectre du second ordre. La longueur de la partie visible était environ 0.7 m. et la dispersion était suffisamment importante pour qu'il soit possible d'amener, sur l'ouverture de la fente, par exemple la zone des longueurs d'onde comprises entre les deux raies du sodium. La largeur de la fente était réglée de telle façon que son image se superposa complètement au fil du bolomètre. Une fois la fente ainsi éclairée l'appareil enregistreur fut mis en marche dans le sens des longueurs d'onde les plus grandes vers les plus petites, et le mouvement fut arrêté au moment même où l'image de la fente arriva à couvrir le fil du bolomètre. On marqua alors la position correspondante sur la plaque. Le spectre visible fut ainsi parcouru de la raie *B* à la raie *H_γ* et les différentes marques furent ensuite mesurées par le procédé mentionné ci-dessus.

Le tableau 3 représente les résultats de 6 series d'observations différentes.

Tableau 3.

Raies de Fraunhofer	Longueur d'onde en μ	Déviation d'un prisme du sel gemme de 60°	Distance à la raie <i>A</i>
<i>A</i>	0.760	40° 25'.7	0.0
<i>B</i>	0.6869	40° 39'.1	14.8
<i>C</i>	0.6563	40° 46'.2	22.7
<i>D</i> (milieu)	0.5893	41° 5'.7	43.9
<i>E</i>	0.5270	41° 31'.7	71.8
<i>b</i> (milieu entre <i>b₁</i> et <i>b₄</i>)	0.5176	41° 36'.5	77.2
<i>F</i>	0.4862	41° 55'.0	97.0
<i>H_γ</i>	0.4341	42° 36'.2	141.8

La quatrième colonne donne, pour les diverses raies spectrales, la moyenne des 6 observations. Comme nous l'avons déjà indiqué, la raie *A* a toujours servi d'origine dans la mesure du bologramme. Dans ce but il a été d'une grande importance de déterminer la distance de

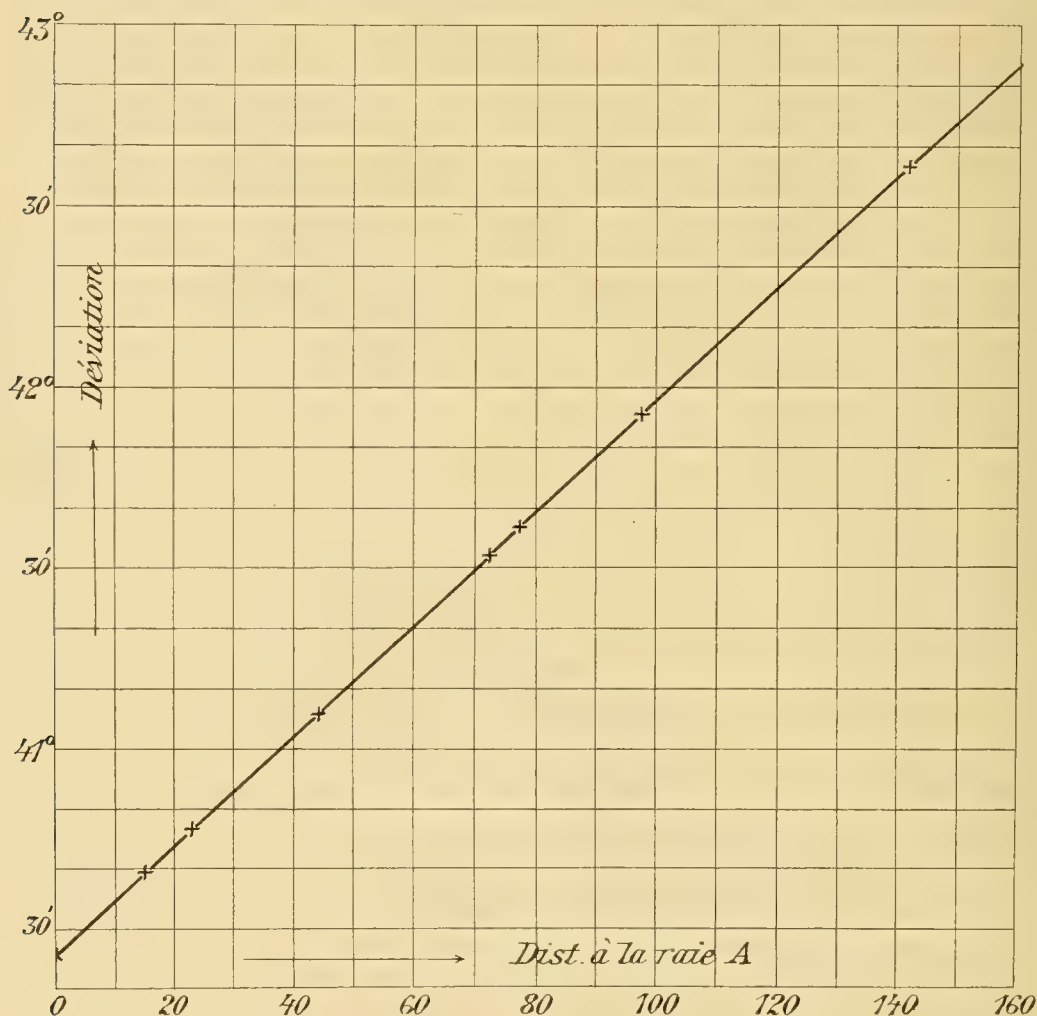


Fig. 4.

la raie *A* à l'une des autres raies de FRAUENHOFER. Pour ceci j'ai procédé à toute une série d'enregistrements de la courbe de l'énergie, particulièrement pour cette région du spectre, après avoir repéré préalablement sur chaque plaque la position de la raie *D* par réglage oculaire du bolomètre.

Comme source lumineuse on plaça alors devant la fente une flamme de sodium.

Vu que dans cette expérience le sens du déplacement a toujours été le même, des longueurs d'onde plus grandes vers les plus courtes, j'ai par cela pu contrôler que le prisme et la plaque se déplaçaient bien conformément aux conditions qui ont toujours prévalu dans les enregistrements définitifs. Suivant le tableau, nous voyons que la valeur moyenne de la distance des raies A et D est de 43.9 divisions de l'échelle et la différence des diverses mesures n'a pas dépassé l'erreur de précision instrumentale.

La dispersion du sel gemme est très bien connue, notamment d'après les recherches faites dernièrement par PASCHEN.¹ A l'aide du tableau IV de l'ouvrage mentionné, j'ai calculé les valeurs de déviation pour un prisme de 60° ; ces valeurs sont celles indiquées dans le tabl. 3.

Les valeurs des colonnes 3 et 4 sont relevées, dans le diagramme ci-inclus, d'après un système de coordonnées rectangulaires. Comme on peut s'y attendre, les divers points sont situés sur une ligne droite. La tangente de l'angle d'inclinaison sur l'axe des abscisses donne ainsi la variation de déviation pour chaque division de l'échelle. Cette valeur a été déterminée et chaque division de l'échelle a ainsi correspondu dans le spectre à une distance angulaire de 0.922 . D'après ceci et à l'aide de la relation entre l'indice de réfraction et la longueur d'onde, trouvée par PASCHEN pour le sel gemme, on peut évidemment déterminer la longueur d'onde pour la partie infra-rouge du spectre. Dans le tableau 4, la première colonne donne la distance à la raie A en divisions du réseau quadrillé, la deuxième colonne donne les déviations déterminées et la troisième, les longueurs d'onde correspondantes d'après PASCHEN.

Tableau 4.

Distance à la raie A	Déviation calculée pour le prisme du sel gemme de 60°	Longueur d'onde en μ
0	$40^\circ 25'.7$	0.760
— 3.5	22'.5	0.780
— 6.5	19'.7	0.800
— 12	14'.6	0.842
— 16.5	10'.5	0.885
— 32	$39^\circ 56'.2$	1.075
— 40	48'.8	1.24
— 52	37'.8	1.62
— 60	30'.4	2.07
— 80	11'.9	3.56

¹ PASCHEN, Wied. Ann. 26, p. 131, 1908.

Observations.

Dans la suite seront exposées les différentes séries complètes d'observations, prises à diverses époques de l'année. Mentionnons que les observations ne furent effectuées que dans des conditions atmosphériques favorables, c'est-à-dire à ciel complètement découvert et dans le cas de nuages, voiles, etc. les observations ne furent prises que lorsque le soleil était complètement dégagé. Pour chaque jour il est indiqué les conditions atmosphériques sommaires, ainsi que les dates météorologiques, la pression barométrique, la température, l'humidité et la direction et vitesse du vent. Ces derniers renseignements ont été puisés dans le »Bulletin Mensuel de l'Observatoire Météorologique de l'Université d'Upsala, Année 1912, par F. Akerblom».

Dans l'appendice est fait un extrait du journal d'observations pour les différents bologrammes mesurés. La détermination du temps est faite à l'aide d'une montre de précision qui fut contrôlée avec l'horloge de l'Observatoire Astronomique d'Upsala. Les lectures de la montre se rapporte à l'heure légale en Suède c'est-à-dire l'heure temps moyen d'un lieu de longitude 15° à l'est de Greenwich. Le temps vrai d'Upsala a été calculé des déterminations du temps et la distance zénithale vraie ξ du soleil en est déduite à l'aide de la formule ordinaire

$$\cos \xi = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

où φ est la latitude du lieu d'observation, δ la déclinaison et t l'angle horaire du soleil à l'époque en question. Cette distance zénithale ξ , corrigée de la réfraction fournit la distance zénithale apparente z . Dans notre cas la correction, due à la réfraction, n'a d'importance que lorsque la distance du soleil au zénith est supérieure à 70° .

Comme indique l'appendice la lecture du temps est faite à des minutes entières et fut notée au commencement et à la fin de chaque courbe enregistrée. Le défaut dans la détermination du temps ne s'élève certainement jamais à une minute entière. Dans l'appendice sont données de même les distances zénithales et les valeurs correspondantes de F_z , qui désignent la masse atmosphérique traversée par les rayons celle-ci étant exprimée en unité de la masse atmosphérique pour $z = 0$.

Dans le calcul de F_z , à partir de la distance zénithale apparente je me suis servi du tableau XXIII publié par BEMPORAD¹ dans son ouvrage »Zur Theorie der Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre».

A. BEMPORAD, l. c., p. 66.

Dans le tableau suivant la première colonne donne la distance, correspondante à la déviation dans le spectre, compté depuis la raie A en divisions du réseau quadrillé; la seconde indique la largeur de la fente en divisions de l'échelle de la vis micrométrique. Après la colonne F_z viennent les valeurs de l'intensité J_z mesurées selon le procédé indiqué; puis vient la valeur de J_z corrigée selon une sensibilité de l'appareil bolométrique et du galvanomètre correspondante à une déviation du galvanomètre de 100 divisions de l'échelle pour la résistance d'épreuve. Ensuite viennent les colonnes des $\log J_z$, la première donnant la valeur du logarithme de J_z corrigée, la seconde la valeur calculée d'après la formule qui précède chaque tableau d'une distance et ainsi d'une longueur d'onde déterminée. La dernière colonne donne les écarts des nombres observés et calculés en unité de la dernière décimale.

Tableau 5.

Lieu d'observation: Long. $1^h 10^m 30^s$ E. de Greenwich; Lat. $59^\circ 51'.$
Altitude 50 m.

1912 Avril 21.

Le soleil s'élève dans un ciel légèrement nébuleux qui cependant s'éclaircit bientôt. Les observations commencent environ à 10 h. a. m. sous des conditions atmosphériques paraissant très favorables. Pendant le reste de la journée le ciel reste clair, sans nuage et d'un bleu profond. Les observations se poursuivent jusqu'à 6 h. p. m. correspondant à une hauteur de soleil audessus de l'horizon d'environ 9° .

Temps	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité mm. p. c.		Direction et vitesse du vent	
12 ^h m.	774.8	+ 15.8	5.2	39	NE	2.8
2 p. m.	75.5	+ 17.3	5.4	37	ENE	3.1
4 » »	74.4	+ 18.0	5.3	34	NE	2.9
6 » »	74.4	+ 14.7	5.7	47	NE	2.9

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		log $J_z = 1.696 - 0.0348 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$
		1.60	42.8	44.8	1.651	1.640	+ 11
		1.52	42.0	43.7	1.640	1.643	- 3
		1.74	41.2	43.0	1.633	1.635	- 2
		2.97	37.0	38.2	1.582	1.593	- 11
		4.78	32.9	34.2	1.534	1.530	+ 4
- 60	28		log $J_z = 1.670 - 0.0209 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$
		1.64	41.7	43.7	1.640	1.636	+ 4
		1.50	41.3	43.0	1.633	1.639	- 6
		1.68	41.3	43.1	1.634	1.635	- 1
		2.70	40.3	41.6	1.619	1.614	+ 5
		5.55	34.4	35.7	1.553	1.554	- 1
- 52.5	28		log $J_z = 2.026 - 0.0151 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$
		1.64	98.7	102.4	2.010	2.001	+ 9
		1.50	95.6	99.5	1.998	2.003	- 5
		1.68	95.6	99.8	1.999	2.001	- 2
		2.71	93.3	96.5	1.985	1.985	0
		5.58	84.3	87.5	1.942	1.942	0

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J		diff.
					obs.	calc.	
- 52	28	log $J_z = 2.020 - 0.0141 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.64	97.0	100.7	2.003	1.997	+ 6
		1.50	94.9	98.8	1.995	1.999	- 4
		1.68	94.6	98.7	1.994	1.996	- 2
		2.71	92.6	95.7	1.981	1.982	- 1
		5.58	84.0	87.2	1.941	1.941	0
- 42	28	log $J_z = 2.099 - 0.0353 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.64	106.3	110.5	2.043	2.041	+ 2
		1.68	104.7	109.5	2.039	2.040	- 1
		2.71	97.1	100.4	2.002	2.003	- 1
		5.62	76.8	79.7	1.901	1.901	0
- 39	28	log $J = 2.034 - 0.0294 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.63	93.8	97.3	1.988	1.986	+ 2
		1.50	93.5	97.4	1.989	1.990	- 1
		1.68	92.8	96.8	1.986	1.985	+ 1
		2.72	86.1	89.0	1.949	1.954	- 5
		5.64	71.3	74.0	1.869	1.868	+ 1
- 32	28	log $J_z = 2.062 - 0.0285 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$	
		1.63	99.7	103.4	2.015	2.016	- 1
		1.68	98.4	102.7	2.012	2.014	- 2
		2.72	94.4	97.7	1.990	1.984	+ 6
		5.66	76.5	79.4	1.900	1.901	- 1
- 29	28	log $J_z = 2.023 - 0.0261 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$	
		1.63	91.9	95.3	1.979	1.981	- 2
		1.50	91.0	94.8	1.977	1.984	- 7
		1.68	91.0	95.0	1.978	1.979	- 1
		2.73	88.8	91.9	1.963	1.952	+ 11
		5.68	71.6	74.3	1.871	1.875	- 4
- 16.5	28	log $J_z = 1.955 - 0.0314 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$	
		1.63	77.3	80.1	1.904	1.904	0
		1.50	76.4	79.6	1.901	1.908	- 7
		1.68	76.3	79.6	1.901	1.902	- 1
		2.74	73.4	75.9	1.880	1.869	+ 11
		5.73	56.9	59.1	1.772	1.775	- 3
- 12	28	log $J_z = 1.914 - 0.0376 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$	
		1.63	68.4	70.9	1.851	1.853	- 2
		1.50	68.1	70.8	1.850	1.858	- 8
		1.69	68.1	71.0	1.851	1.850	+ 1
		2.75	64.3	66.5	1.823	1.811	+ 12
		5.75	47.6	49.4	1.694	1.698	- 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 6.5	28		$\log J_z = 1.883 - 0.0424 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		1.63	62.6	65.0	1.813	1.814	- 1
		1.50	62.4	65.0	1.813	1.819	- 6
		1.69	62.0	64.6	1.810	1.811	- 1
		2.75	58.0	60.0	1.778	1.766	+ 12
		5.77	41.6	43.2	1.635	1.638	- 3
- 3.5	28		$\log J_z = 1.856 - 0.0434 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		1.63	58.8	61.0	1.785	1.785	0
		1.50	58.7	61.2	1.787	1.791	- 4
		1.69	58.2	60.7	1.783	1.783	0
		2.76	54.1	55.9	1.747	1.736	+ 11
		5.78	38.1	39.6	1.598	1.605	- 7
+ 2	28		$\log J_z = 1.831 - 0.0496 F_z$		$E. M. = \pm 0.010$		
		1.63	54.0	56.0	1.748	1.750	2
		1.50	54.0	56.2	1.750	1.756	- 6
		1.69	53.3	55.6	1.745	1.747	- 2
		2.77	49.4	51.1	1.708	1.693	+ 15
		5.80	33.3	34.6	1.539	1.543	- 4
+ 10	28		$\log J_z = 1.752 - 0.0588 F_z$		$E. M. = \pm 0.014$		
		1.62	43.9	45.6	1.659	1.657	+ 2
		1.50	42.7	44.5	1.648	1.664	- 16
		1.69	43.1	45.0	1.653	1.653	0
		2.78	39.0	40.3	1.605	1.589	+ 16
		5.84	24.4	25.3	1.403	1.409	- 6
+ 17	28		$\log J_z = 1.689 - 0.0618 F_z$		$E. M. = \pm 0.018$		
		1.62	37.6	39.0	1.591	1.589	+ 2
		1.50	36.5	38.0	1.580	1.596	- 16
		1.69	36.6	38.2	1.582	1.585	- 3
		2.78	33.7	34.9	1.543	1.517	+ 26
		5.86	20.1	20.9	1.320	1.327	- 7
+ 17	53		$\log J_z = 2.022 - 0.0547 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		1.59	84.7	87.8	1.943	1.934	+ 9
		1.52	82.3	85.6	1.932	1.938	- 6
		1.75	81.7	85.3	1.931	1.931	0
		3.06	67.8	70.1	1.846	1.855	- 9
		5.13	53.6	55.6	1.745	1.741	+ 4
+ 20	53		$\log J_z = 2.001 - 0.0653 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		1.59	78.6	81.5	1.911	1.897	+ 14
		1.52	74.0	77.0	1.886	1.902	- 14
		1.75	73.5	76.7	1.885	1.887	- 2
		3.06	62.1	64.2	1.808	1.801	+ 7
		5.13	44.4	46.0	1.663	1.666	- 3

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 25	53		$\log J_z = 1.930 - 0.0705 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.59	64.2	66.6	1.823	1.818	+ 5
		1.52	62.8	65.4	1.816	1.823	- 7
		1.75	61.7	64.4	1.809	1.807	+ 2
		3.07	49.9	51.6	1.713	1.713	0
		5.14	35.6	36.9	1.567	1.568	- 1
+ 30	53		$\log J_z = 1.868 - 0.0776 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.59	53.3	55.3	1.743	1.745	- 2
		1.52	53.4	55.6	1.745	1.750	- 5
		1.75	52.5	54.8	1.739	1.732	+ 7
		3.07	41.1	42.5	1.628	1.630	- 2
		5.15	28.3	29.4	1.468	1.468	0
+ 35	53		$\log J_z = 1.825 - 0.0809 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.59	47.5	49.2	1.692	1.696	- 4
		1.52	48.3	50.3	1.702	1.702	0
		1.75	46.6	48.6	1.687	1.683	+ 4
		3.07	36.8	38.1	1.581	1.577	+ 4
		5.15	24.5	25.5	1.407	1.412	- 5
+ 40	53		$\log J_z = 1.780 - 0.0876 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.59	42.0	43.6	1.639	1.641	- 2
		1.52	42.3	44.0	1.643	1.647	- 4
		1.75	41.0	42.7	1.630	1.627	+ 3
		3.08	31.6	32.7	1.515	1.510	+ 5
		5.16	20.4	21.2	1.326	1.329	- 3
+ 45	53		$\log J_z = 1.729 - 0.0854 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.59	37.8	39.2	1.593	1.593	0
		1.52	37.7	39.3	1.594	1.599	- 5
		1.75	36.8	38.4	1.584	1.579	+ 5
		3.08	28.5	29.5	1.470	1.465	+ 5
		5.17	18.6	19.3	1.286	1.288	- 2
+ 50	53		$\log J_z = 1.674 - 0.0927 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		1.59	32.3	33.5	1.525	1.527	- 2
		1.53	32.4	33.7	1.528	1.530	- 2
		1.75	31.7	33.1	1.520	1.512	+ 8
		3.08	23.4	24.2	1.384	1.389	- 5
		5.17	15.1	15.7	1.196	1.197	- 1
+ 55	53		$\log J_z = 1.628 - 0.0919 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.59	29.3	30.4	1.483	1.482	+ 1
		1.53	29.2	30.4	1.483	1.487	- 4
		1.76	28.3	29.5	1.470	1.466	+ 4
		3.09	21.3	22.0	1.342	1.344	- 2
		5.18	13.7	14.2	1.152	1.153	- 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 60	53	$\log J_z = 1.570 - 0.0937 F_z$					$E. M. = \pm 0.005$
		1.59	25.6	26.6	1.425	1.421	+ 4
		1.53	25.3	26.3	1.420	1.426	- 6
		1.76	24.5	25.6	1.408	1.405	+ 3
		3.09	18.6	19.2	1.283	1.281	+ 2
		5.19	11.6	12.1	1.083	1.085	- 2
+ 60	123	$\log J_z = 1.985 - 0.1044 F_z$					$E. M. = \pm 0.003$
		1.53	63.7	66.4	1.822	1.825	- 3
		1.77	61.0	63.6	1.803	1.800	+ 3
		3.16	43.8	45.3	1.656	1.655	+ 1
		4.30	33.0	34.3	1.535	1.536	- 1
+ 65	53	$\log J_z = 1.525 - 0.0982 F_z$					$E. M. = \pm 0.013$
		1.59	22.8	23.6	1.373	1.369	+ 4
		1.53	22.1	23.0	1.362	1.375	- 13
		1.76	21.6	22.5	1.354	1.352	+ 2
		3.09	16.6	17.2	1.236	1.221	+ 15
		5.19	9.8	10.2	1.009	1.015	- 6
+ 65	123	$\log J_z = 1.929 - 0.1054 F_z$					$E. M. = \pm 0.003$
		1.58	55.6	57.7	1.761	1.763	- 2
		1.53	56.4	58.7	1.769	1.768	+ 1
		1.77	53.3	55.6	1.745	1.743	+ 2
		3.16	37.8	39.1	1.592	1.596	- 4
		4.32	28.8	29.9	1.476	1.473	+ 3
+ 70	123	$\log J_z = 1.878 - 0.1089 F_z$					$E. M. = \pm 0.005$
		1.58	49.8	51.7	1.713	1.706	+ 7
		1.53	49.1	51.1	1.708	1.711	- 3
		1.77	46.1	48.0	1.681	1.685	- 4
		3.17	33.1	34.2	1.534	1.533	+ 1
		4.34	24.5	25.4	1.405	1.405	0
+ 75	123	$\log J_z = 1.800 - 0.1065 F_z$					$E. M. = \pm 0.005$
		1.58	41.2	42.8	1.631	1.632	- 1
		1.53	42.3	44.0	1.643	1.637	+ 6
		1.77	38.7	40.4	1.606	1.612	- 6
		3.17	28.0	29.0	1.462	1.462	0
		4.36	20.9	21.7	1.336	1.336	0
+ 80	123	$\log J_z = 1.761 - 0.1085 F_z$					$E. M. = \pm 0.008$
		1.58	37.4	38.8	1.589	1.590	- 1
		1.53	38.1	39.7	1.599	1.595	+ 4
		1.77	35.0	36.5	1.562	1.569	- 7
		3.18	25.8	26.7	1.427	1.416	+ 11
		4.38	18.4	19.1	1.281	1.285	- 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 85	123		$\log J_z = 1.686 - 0.1091 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		1.58	31.7	32.9	1.517	1.514	+ 3
		1.53	31.8	33.1	1.520	1.519	+ 1
		1.77	29.5	30.8	1.489	1.493	- 4
		3.18	21.1	21.8	1.338	1.339	- 1
		4.40	15.5	16.1	1.207	1.205	+ 2
+ 90	123		$\log J_z = 1.650 - 0.1108 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.58	28.9	30.0	1.477	1.475	+ 2
		1.53	29.3	30.5	1.484	1.480	+ 4
		1.78	26.9	28.0	1.447	1.453	- 6
		3.19	19.1	19.8	1.296	1.297	- 1
		4.42	14.0	14.5	1.161	1.160	+ 1
+ 100	123		$\log J_z = 1.548 - 0.1167 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.58	22.5	23.3	1.367	1.364	+ 3
		1.53	22.7	23.7	1.375	1.369	+ 6
		1.78	20.5	21.4	1.330	1.340	- 10
		3.19	14.4	14.9	1.173	1.176	- 3
		4.46	10.3	10.7	1.029	1.028	+ 1
+ 105	123		$\log J_z = 1.473 - 0.1204 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.58	18.8	19.5	1.290	1.283	+ 7
		1.54	18.7	19.5	1.290	1.285	+ 4
		1.78	17.0	17.7	1.248	1.259	- 11
		3.20	11.8	12.2	1.086	1.087	- 1
		4.48	8.2	8.6	0.935	0.933	+ 2
+ 110	123		$\log J_z = 1.416 - 0.1218 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		1.57	16.1	16.7	1.223	1.225	- 2
		1.54	16.5	17.2	1.236	1.228	+ 8
		1.78	15.0	15.6	1.193	1.199	- 6
		3.20	10.2	10.6	1.025	1.026	- 1
		4.50	7.1	7.4	0.869	0.868	+ 1

1912 Avril 22, Avant midi.

Le caractère général des conditions atmosphériques est identique à celui du jour précédent. Cependant les observations peuvent commencer plus tôt et s'effectuer pendant tout le reste de la journée. Les opérations du matin se poursuivent à un intervalle de temps relativement petit depuis 7 h. et sont troublées de temps en temps par de la fumée de cheminée.

Temps	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité mm. p. c.		Direction et vitesse du vent	
7 ^h a. m.	776.4	+ 2.7	5.0	89	N	0.7
9 »	76.4	+ 13.5	5.2	45	ENE	1.2
12 m.	75.5	+ 16.8	5.1	35	SSW	1.6

d	s	F_z	J_z	J corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		$\log J_z = 1.691 - 0.0402 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		2.64	36.6	38.5	1.585	1.585	0
		1.54	41.0	42.8	1.631	1.629	+ 2
		1.48	41.0	42.7	1.630	1.632	- 2
- 60	28		$\log J_z = 1.729 - 0.0618 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		2.39	36.3	38.2	1.582	1.581	+ 1
		1.56	40.6	42.4	1.627	1.633	- 6
		1.48	42.3	44.0	1.643	1.638	+ 5
- 52	28		$\log J_z = 2.069 - 0.0409 F_z$		$E. M. = \pm 0.002$		
		2.38	89.2	93.8	1.972	1.972	0
		1.56	96.8	101.0	2.004	2.006	- 2
		1.48	98.3	102.3	2.010	2.009	+ 1
- 40	28		$\log J_z = 2.025 - 0.0326 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		2.37	84.4	88.8	1.948	1.947	+ 1
		1.56	89.2	93.1	1.969	1.974	- 5
		1.48	91.9	95.7	1.981	1.977	+ 4
- 32	28		$\log J_z = 2.073 - 0.0369 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.37	91.7	96.5	1.985	1.985	0
		1.56	99.0	103.8	2.016	2.015	+ 1
		1.48	99.7	104.0	2.017	2.018	- 1
- 29	28		$\log J_z = 2.016 - 0.0267 F_z$		$E. M. = \pm 0.002$		
		2.37	85.3	89.8	1.953	1.953	0
		1.56	90.1	93.9	1.973	1.975	- 2
		1.48	91.2	95.0	1.978	1.977	+ 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 16.5	28		$\log J_z = 1.962 - 0.0385 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.36	70.6	74.3	1.871	1.871	0
		1.56	76.7	80.0	1.903	1.902	+ 1
		1.48	76.9	80.1	1.904	1.905	- 1
- 12	28		$\log J_z = 1.926 - 0.0460 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.36	62.4	65.7	1.818	1.818	0
		1.56	68.6	71.5	1.854	1.855	- 1
		1.48	69.3	72.2	1.859	1.858	+ 1
- 6.5	28		$\log J_z = 1.896 - 0.0501 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.35	57.0	60.0	1.778	1.778	0
		1.56	63.0	65.6	1.817	1.818	- 1
		1.48	63.7	66.4	1.822	1.822	0
- 3.5	28		$\log J_z = 1.866 - 0.0511 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.35	52.9	55.7	1.746	1.746	0
		1.56	58.7	61.2	1.787	1.787	0
		1.48	59.3	61.7	1.790	1.791	- 1
+ 2	28		$\log J_z = 1.826 - 0.0491 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		2.35	48.7	51.3	1.710	1.711	- 1
		1.56	54.1	56.4	1.751	1.749	+ 2
		1.48	54.1	56.3	1.751	1.753	- 2
+ 10	28		$\log J_z = 1.740 - 0.0535 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		2.35	39.0	41.1	1.614	1.614	0
		1.56	43.5	45.4	1.657	1.656	+ 1
		1.48	43.8	45.7	1.660	1.661	- 1
+ 16	28		$\log J_z = 1.668 - 0.0534 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		2.34	33.1	34.8	1.542	1.543	- 1
		1.56	37.2	38.8	1.589	1.584	+ 5
		1.48	36.9	38.4	1.584	1.588	- 4
+ 16	53		$\log J_z = 2.024 - 0.0593 F_z$		$E. M. = \pm 0.010$		
		2.58	70.6	74.3	1.871	1.870	+ 1
		1.52	81.0	84.5	1.927	1.934	- 7
		1.49	84.0	87.5	1.942	1.935	+ 7
+ 20	28		$\log J_z = 1.628 - 0.0591 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		2.34	29.2	30.8	1.489	1.490	- 1
		1.55	33.4	34.8	1.542	1.536	+ 6
		1.48	32.9	34.3	1.535	1.540	- 5
+ 20	53		$\log J_z = 2.004 - 0.0755 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		2.58	61.2	64.4	1.809	1.808	+ 1
		1.52	73.5	76.7	1.885	1.889	- 4
		1.49	75.5	78.6	1.895	1.892	+ 3

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 25	28		$\log J_z = 1.606 - 0.0857 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$
		2.34	24.1	25.4	1.405	1.406	- 1
		1.55	28.9	30.2	1.480	1.473	+ 7
		1.48	28.5	29.7	1.473	1.479	- 6
+ 25	53		$\log J_z = 1.943 - 0.0812 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$
		2.58	51.6	54.2	1.734	1.733	+ 1
		1.52	62.5	65.1	1.814	1.820	- 6
		1.49	64.6	67.3	1.828	1.822	+ 6
+ 30	28		$\log J_z = 1.534 - 0.0855 F_z$				$E. M. = \pm 0.014$
		2.33	20.5	21.6	1.334	1.335	- 1
		1.55	24.7	25.8	1.412	1.402	+ 10
		1.48	24.0	25.0	1.398	1.408	- 10
+ 30	53		$\log J_z = 1.885 - 0.0891 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$
		2.58	42.9	45.2	1.655	1.654	+ 1
		1.52	53.1	55.3	1.743	1.749	- 6
		1.49	55.0	57.3	1.758	1.752	+ 6
+ 35	28		$\log J_z = 1.490 - 0.0885 F_z$				$E. M. = \pm 0.010$
		2.33	18.2	19.2	1.283	1.284	- 1
		1.55	21.9	22.8	1.360	1.353	+ 7
		1.48	21.6	22.5	1.352	1.359	- 7
+ 35	53		$\log J_z = 1.839 - 0.0922 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$
		2.57	38.0	40.0	1.602	1.602	0
		1.52	47.5	49.5	1.695	1.699	- 4
		1.49	48.7	50.7	1.705	1.701	+ 4
+ 40	53		$\log J_z = 1.790 - 0.0963 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$
		2.57	33.1	34.8	1.542	1.542	0
		1.52	42.0	43.8	1.641	1.643	- 2
		1.49	42.7	44.5	1.648	1.646	+ 2
+ 45	53		$\log J_z = 1.750 - 0.1011 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$
		2.57	29.4	30.9	1.490	1.490	0
		1.52	37.5	39.1	1.592	1.596	- 4
		1.49	38.5	40.1	1.603	1.599	+ 4
+ 50	53		$\log J_z = 1.692 - 0.1057 F_z$				$E. M. = \pm 0.001$
		2.57	25.0	26.3	1.420	1.420	0
		1.52	32.5	33.9	1.530	1.531	- 1
		1.49	32.9	34.3	1.535	1.535	0
+ 55	53		$\log J_z = 1.645 - 0.1042 F_z$				$E. M. = \pm 0.001$
		2.57	22.6	23.8	1.377	1.377	0
		1.52	29.4	30.7	1.487	1.487	0
		1.49	29.6	30.8	1.489	1.490	- 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 55	123		log $J_z = 2.047 - 0.1048 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		2.51	57.8	60.8	1.784	1.784	0
		1.52	72.9	75.9	1.880	1.888	- 8
		1.49	75.8	79.0	1.898	1.891	+ 7
+ 60	53		log $J_z = 1.593 - 0.1079 F_z$			$F. M. = \pm 0.003$	
		2.57	19.7	20.7	1.316	1.316	0
		1.52	25.9	27.0	1.431	1.429	+ 2
		1.49	25.9	27.0	1.431	1.433	- 2
+ 60	123		log $J_z = 1.985 - 0.1043 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		2.51	50.3	52.9	1.723	1.723	0
		1.52	63.4	66.0	1.820	1.826	- 6
		1.49	65.7	68.4	1.835	1.830	+ 5
+ 65	123		log $J_z = 1.914 - 0.0962 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.51	44.7	47.1	1.673	1.673	0
		1.52	55.7	58.1	1.764	1.768	- 4
		1.49	57.3	59.6	1.775	1.770	+ 5
+ 70	123		log $J_z = 1.893 - 0.1172 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.50	37.8	39.8	1.600	1.600	0
		1.52	49.4	51.5	1.712	1.715	- 3
		1.49	50.5	52.6	1.721	1.718	+ 3
+ 75	123		log $J_z = 1.819 - 0.1144 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		2.50	32.4	34.1	1.533	1.533	0
		1.52	41.7	43.5	1.638	1.645	- 7
		1.49	43.4	45.2	1.655	1.648	+ 7
+ 80	123		log $J_z = 1.772 - 0.1112 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.50	29.7	31.2	1.494	1.494	0
		1.52	38.1	39.7	1.599	1.603	- 4
		1.49	39.1	40.7	1.610	1.606	+ 4
+ 85	123		log $J_z = 1.688 - 0.1079 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		2.49	25.0	26.3	1.420	1.419	+ 1
		1.52	31.6	33.0	1.519	1.524	- 5
		1.49	32.8	34.1	1.533	1.527	+ 6
+ 90	123		log $J_z = 1.656 - 0.1120 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		2.49	22.7	23.9	1.378	1.378	0
		1.52	28.9	30.2	1.480	1.486	- 6
		1.49	30.1	31.3	1.496	1.489	+ 7
+ 100	123		log $J_z = 1.561 - 0.1242 F_z$			$E. M. = \pm 0.001$	
		2.48	17.0	17.9	1.253	1.253	0
		1.52	22.5	23.5	1.371	1.372	- 1
		1.49	22.9	23.8	1.377	1.376	+ 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 105	123	log $J_z = 1.490 - 0.1279 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		2.48	14.2	14.9	1.173	1.173	0
		1.52	18.8	19.6	1.292	1.296	- 4
		1.49	19.3	20.1	1.303	1.299	+ 4
+ 110	123	log $J_z = 1.426 - 0.1269 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		2.48	12.3	12.9	1.111	1.111	0
		1.52	16.2	16.9	1.228	1.233	- 5
		1.49	16,7	17.4	1.241	1.236	+ 5

1912 Avril 22, Après-midi.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent	
12 ^h m.	775.5	+ 16.8	5.1	35	SSW	1.6
1 p.m.	75.3	+ 13.4	4.9	34	WSW	2.4
3 »	74.5	+ 19.2	4.8	29	S	2.6
5 »	73.8	+ 17.9	4.6	30	S	3.1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 80	103	log $J_z = 1.663 - 0.0268 F_z$				$E. M. = \pm 0.018$	
		1.64	41.0	42.4	1.627	1.619	+ 8
		2.02	39.9	41.4	1.617	1.609	+ 8
		3.17	34.5	36.0	1.556	1.578	- 22
		7.14	28.7	30.0	1.477	1.471	+ 6
- 60	28	log $J_z = 1.672 - 0.0206 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.60	42.4	43.9	1.642	1.639	+ 3
		1.92	41.4	42.8	1.631	1.633	- 2
		3.72	37.6	39.2	1.593	1.596	- 3
		6.00	33.9	35.5	1.550	1.549	+ 1
- 52	28	log $J_z = 2.043 - 0.0167 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.60	99.4	103.0	2.013	2.016	- 3
		1.92	100.9	104.0	2.017	2.011	+ 6
		3.72	90.3	94.1	1.974	1.981	- 7
		6.04	84.1	88.0	1.944	1.942	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 40	28		log $J_z = 2.023 - 0.0261 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		1.60	91.4	94.5	1.975	1.981	- 6
		1.93	91.7	94.8	1.977	1.973	+ 4
		3.74	81.4	85.0	1.929	1.926	+ 3
		6.09	69.6	72.8	1.862	1.865	- 3
- 32	28		log $J_z = 2.068 - 0.0271 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.60	101.6	106.2	2.026	2.025	+ 1
		1.93	100.4	104.0	2.017	2.016	+ 1
		3.75	88.0	91.8	1.963	1.966	- 3
		6.12	76.6	80.2	1.904	1.902	+ 2
- 29	28		log $J_z = 2.022 - 0.0241 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.60	93.0	96.2	1.983	1.983	0
		1.93	91.9	95.0	1.978	1.976	+ 2
		3.76	81.2	84.8	1.928	1.931	- 3
		6.13	71.8	75.2	1.876	1.874	+ 2
- 16.5	28		log $J_z = 1.955 - 0.0273 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.60	78.3	81.0	1.908	1.911	- 3
		1.93	78.1	80.8	1.907	1.902	+ 5
		3.78	67.5	70.5	1.848	1.852	- 4
		6.19	58.5	61.2	1.787	1.786	+ 1
- 12	28		log $J_z = 1.916 - 0.0321 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		1.60	70.3	72.7	1.862	1.865	- 3
		1.94	69.9	72.3	1.859	1.854	+ 5
		3.78	58.9	61.5	1.789	1.795	- 6
		6.20	50.0	52.4	1.719	1.717	+ 2
- 6.5	28		log $J_z = 1.887 - 0.0361 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.60	65.1	67.3	1.828	1.829	- 1
		1.94	64.2	66.5	1.823	1.817	+ 6
		3.79	52.5	54.8	1.739	1.750	- 11
		6.23	44.2	46.3	1.666	1.662	+ 4
- 3.5	28		log $J_z = 1.851 - 0.0345 F_z$		$E. M. = \pm 0.012$		
		1.60	60.3	62.4	1.795	1.796	- 1
		1.94	60.3	62.4	1.795	1.784	+ 11
		3.79	49.0	51.1	1.708	1.720	- 12
		6.24	41.5	43.5	1.638	1.636	+ 2
+ 2	28		log $J_z = 1.827 - 0.0409 F_z$		$E. M. = \pm 0.010$		
		1.60	55.3	57.2	1.757	1.763	- 6
		1.94	55.4	57.3	1.758	1.748	+ 10
		3.80	44.2	46.1	1.664	1.671	- 7
		6.27	35.8	37.5	1.574	1.572	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 10	28		$\log J_z = 1.749 - 0.0483 F_z$		$E. M. = \pm 0.014$		
		1.60	44.8	46.4	1.667	1.672	- 5
		1.94	45.0	46.6	1.668	1.655	+ 13
		3.81	34.1	35.6	1.551	1.565	- 14
		6.30	27.0	28.2	1.450	1.445	+ 5
+ 10	53		$\log J_z = 2.080 - 0.0429 F_z$		$E. M. = \pm 0.018$		
		1.65	100.2	104.0	2.017	1.009	+ 8
		2.04	97.1	100.5	2.002	1.993	+ 9
		3.24	79.5	83.0	1.919	1.941	- 22
		7.86	53.5	56.0	1.748	1.743	+ 5
+ 16	28		$\log J_z = 1.689 - 0.0530 F_z$		$E. M. = \pm 0.007$		
		1.60	38.3	39.6	1.598	1.604	- 6
		1.94	38.0	39.3	1.594	1.586	+ 8
		3.82	29.2	30.5	1.484	1.487	- 3
		6.33	21.6	22.6	1.354	1.353	+ 1
+ 16	53		$\log J_z = 2.019 - 0.0475 F_z$		$E. M. = \pm 0.018$		
		1.65	85.3	88.3	1.946	1.941	+ 5
		2.04	82.7	85.6	1.932	1.922	+ 10
		3.26	66.8	69.7	1.843	1.865	- 22
		7.90	42.5	44.5	1.648	1.644	+ 4
+ 20	28		$\log J_z = 1.655 - 0.0600 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.61	34.2	35.4	1.549	1.558	- 9
		1.94	34.0	35.2	1.547	1.538	+ 9
		3.83	25.4	26.5	1.423	1.425	- 2
		6.34	18.1	18.9	1.276	1.274	+ 2
+ 20	53		$\log J_z = 1.975 - 0.0512 F_z$		$E. M. = \pm 0.022$		
		1.65	76.3	79.0	1.898	1.890	+ 8
		2.04	74.0	76.6	1.884	1.871	+ 13
		3.26	58.0	60.5	1.782	1.808	- 26
		7.93	35.9	37.6	1.575	1.569	+ 6
+ 25	28		$\log J_z = 1.602 - 0.0676 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.61	29.6	30.6	1.486	1.493	- 7
		1.95	29.2	30.2	1.480	1.470	+ 10
		3.84	20.9	21.8	1.338	1.342	- 4
		6.36	14.2	14.9	1.173	1.172	+ 1
+ 25	53		$\log J_z = 1.924 - 0.0612 F_z$		$E. M. = \pm 0.019$		
		1.65	65.4	67.7	1.831	1.823	+ 8
		2.04	62.3	64.5	1.810	1.800	+ 10
		3.27	48.1	50.2	1.701	1.724	- 23
		7.97	26.5	27.7	1.442	1.437	+ 5

g	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 30	28		$\log J_z = 1.553 - 0.0779 F_z$			$E. M. = \pm 0.018$	
		1.61	24.8	25.7	1.410	1.428	- 18
		1.95	25.3	26.2	1.418	1.401	+ 17
		3.84	17.3	18.1	1.258	1.254	+ 4
		6.38	10.8	11.3	1.053	1.057	- 4
+ 30	53		$\log J_z = 1.865 - 0.0692 F_z$			$E. M. = \pm 0.020$	
		1.65	55.4	57.3	1.758	1.751	+ 7
		2.04	52.4	54.3	1.735	1.724	+ 11
		3.28	39.4	41.1	1.614	1.638	- 24
		8.01	19.8	20.7	1.316	1.311	+ 5
+ 35	28		$\log J_z = 1.495 - 0.0739 F_z$			$E. M. = \pm 0.017$	
		1.61	22.4	23.2	1.365	1.376	- 11
		1.95	22.6	23.4	1.369	1.351	+ 18
		3.85	15.2	15.8	1.199	1.210	- 11
		6.41	9.6	10.6	1.025	1.021	+ 4
+ 35	53		$\log J_z = 1.808 - 0.0673 F_z$			$E. M. = \pm 0.029$	
		1.65	49.5	51.2	1.709	1.697	+ 12
		2.04	46.9	48.5	1.686	1.671	+ 15
		3.28	34.1	35.6	1.551	1.587	- 36
		8.05	18.0	18.8	1.274	1.267	+ 7
+ 40	53		$\log J_z = 1.770 - 0.0765 F_z$			$E. M. = \pm 0.026$	
		1.65	43.7	45.2	1.655	1.644	+ 11
		2.04	40.9	42.4	1.627	1.614	+ 13
		3.29	29.3	30.6	1.486	1.518	- 32
		8.09	13.8	14.4	1.158	1.152	+ 6
+ 45	53		$\log J_z = 1.730 - 0.0784 F_z$			$E. M. = \pm 0.025$	
		1.65	39.4	40.8	1.611	1.601	+ 10
		2.05	37.0	38.3	1.583	1.570	+ 13
		3.29	26.6	27.7	1.442	1.472	- 30
		8.13	12.0	12.5	1.100	1.092	+ 8
+ 50	53		$\log J_z = 1.673 - 0.0853 F_z$			$E. M. = \pm 0.022$	
		1.65	33.6	34.8	1.542	1.532	+ 10
		2.05	31.2	32.3	1.509	1.498	+ 11
		3.30	22.3	23.2	1.365	1.392	- 27
		8.17	9.2	9.6	0.982	0.978	+ 4
+ 50	123		$\log J_z = 2.072 - 0.0869 F_z$			$E. M. = \pm 0.024$	
		1.68	82.6	85.5	1.932	1.926	+ 6
		2.08	78.1	80.8	1.907	1.891	+ 16
		3.41	53.5	55.8	1.747	1.776	- 29
		8.27	21.9	22.9	1.360	1.355	+ 5

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 55	53		$\log J_z = 1.620 - 0.0808 F_z$			$E. M. = \pm 0.027$	
		1.65	30.5	31.6	1.500	1.487	+ 13
		2.05	28.2	29.2	1.465	1.454	+ 11
		3.31	20.0	20.9	1.320	1.353	- 33
		8.21	8.8	9.2	0.964	0.957	+ 7
+ 55	123		$\log J_z = 2.018 - 0.0821 F_z$			$E. M. = \pm 0.025$	
		1.68	74.7	77.3	1.888	1.880	+ 8
		2.08	70.1	72.6	1.861	1.846	+ 15
		3.42	48.8	50.9	1.707	1.737	- 30
		8.31	21.0	22.0	1.342	1.336	+ 6
+ 60	53		$\log J_z = 1.561 - 0.0814 F_z$			$E. M. = \pm 0.030$	
		1.65	26.7	27.6	1.441	1.427	+ 14
		2.05	24.7	25.6	1.408	1.394	+ 14
		3.31	17.3	18.0	1.255	1.292	- 37
		8.25	7.5	7.9	0.898	0.889	+ 9
+ 60	123		$\log J_z = 1.964 - 0.0849 F_z$			$E. M. = \pm 0.026$	
		1.68	65.7	68.0	1.833	1.821	+ 12
		2.08	60.9	63.0	1.799	1.787	+ 12
		3.43	42.1	43.8	1.641	1.673	- 32
		8.35	17.5	18.3	1.262	1.256	+ 6
+ 65	123		$\log J_z = 1.950 - 0.0857 F_z$			$E. M. = \pm 0.022$	
		1.68	57.1	59.1	1.772	1.761	+ 11
		2.08	52.6	54.5	1.736	1.727	+ 9
		3.43	36.9	38.5	1.585	1.612	- 27
		8.39	14.9	15.6	1.193	1.188	+ 5
+ 70	123		$\log J_z = 1.856 - 0.0906 F_z$			$E. M. = \pm 0.029$	
		1.68	50.4	52.2	1.718	1.704	+ 14
		2.09	46.0	47.6	1.678	1.667	+ 11
		3.44	31.0	32.3	1.509	1.545	- 36
		8.43	12.0	12.6	1.100	1.093	+ 7
+ 75	123		$\log J_z = 1.788 - 0.0917 F_z$			$E. M. = \pm 0.034$	
		1.68	43.2	44.8	1.651	1.634	+ 17
		2.09	39.4	40.8	1.611	1.596	+ 15
		3.44	25.9	27.0	1.431	1.473	- 42
		8.47	10.5	11.0	1.021	1.011	+ 10
+ 80	123		$\log J_z = 1.758 - 0.0962 F_z$			$E. M. = \pm 0.028$	
		1.68	39.3	41.6	1.619	1.596	+ 23
		2.09	35.0	36.2	1.559	1.557	+ 2
		3.45	23.8	24.8	1.394	1.426	- 32
		8.50	8.5	8.9	0.949	0.941	+ 8

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 85	123		log $J_z = 1.681 - 0.0981 F_z$			$E. M. = \pm 0.024$	
		1.68	32.9	34.1	1.533	1.516	+ 17
		2.10	29.1	30.1	1.479	1.475	+ 4
		3.46	19.8	20.6	1.314	1.342	- 28
		8.54	6.8	7.1	0.850	0.843	+ 7
+ 90	123		log $J_z = 1.647 - 0.0996 F_z$			$E. M. = \pm 0.023$	
		1.68	30.0	31.1	1.493	1.479	+ 14
		2.10	27.0	27.9	1.446	1.438	+ 8
		3.46	18.0	18.8	1.274	1.302	- 28
		8.58	6.0	6.3	0.799	0.793	+ 6
+ 100	123		log $J_z = 1.539 - 0.1023 F_z$			$E. M. = \pm 0.032$	
		1.68	23.6	24.4	1.387	1.367	+ 20
		2.10	20.9	21.6	1.334	1.324	+ 10
		3.47	13.4	14.0	1.146	1.184	- 38
		8.66	4.4	4.6	0.663	0.653	+ 10

1912 Mai 7.

Depuis 6^h a. m. le ciel est clair et sans nuage et d'un bleu profond. Des nuages s'élèvent rapidement vers 10^h rendant toute observation impossible après 11^h a. m.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent	
			mm.	p.c.		
6 ^h a. m.	765.1	+ 2.5	4.3	77	NW	1.8
8 »	65.7	+ 6.7	3.7	50	N	2.2
9 »	65.5	+ 7.7	3.2	41	NNW	2.5

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		log $J_z = 1.737 - 0.0415 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.60	40.0	42.7	1.630	1.629	+ 1
		1.84	42.5	45.4	1.657	1.660	- 3
		1.50	44.5	47.5	1.677	1.675	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 60	28		log. $J_z = 1,721 - 0.0320 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.82	40.0	42.7	1.630	1.631	- 1
		1.91	43.3	46.2	1.665	1.660	+ 5
		1.54	43.8	46.7	1.669	1.672	- 3
- 52	28		log. $J_z = 2.095 - 0.0326 F_z$			$E. M. = \pm 0.002$	
		2.82	94.0	100.5	2.002	2.003	- 1
		1.91	101.4	108.2	2.034	2.032	+ 2
		1.54	103.8	110.5	2.043	2.044	- 1
- 40	28		log. $J_z = 2.048 - 0.0184 F_z$			$E. M. = \pm 0.000$	
		2.80	92.9	99.1	1.996	1.996	0
		1.90	96.2	103.1	2.013	2.013	0
		1.54	97.7	104.4	2.019	2.019	0
- 29	28		log. $J_z = 2.041 - 0.0167 F_z$			$E. M. = \pm 0.000$	
		2.79	92.4	98.6	1.994	1.994	0
		1.90	95.7	102.0	2.009	2.009	0
		1.53	96.9	103.4	2.015	2.015	0
- 16.5	28		log. $J_z = 1.982 - 0.0222 F_z$			$E. M. = \pm 0.002$	
		2.78	78.0	83.2	1.920	1.921	- 1
		1.90	82.1	87.5	1.942	1.940	+ 2
		1.53	83.0	88.5	1.947	1.948	- 1
- 12	28		log. $J_z = 1.961 - 0.0355 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.77	68.2	72.8	1.862	1.863	- 1
		1.90	73.8	78.7	1.896	1.893	+ 3
		1.53	75.3	80.3	1.905	1.907	- 2
- 6.5	28		log. $J_z = 1.922 - 0.0357 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.77	62.4	66.6	1.823	1.823	0
		1.90	67.4	71.9	1.857	1.854	+ 3
		1.53	68.9	73.4	1.866	1.867	- 1
- 3.5	28		log. $J_z = 1.884 - 0.0325 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.76	58.4	62.3	1.794	1.795	- 1
		1.90	62.7	66.9	1.825	1.823	+ 3
		1.53	63.7	68.0	1.833	1.835	- 2
+ 2	28		log. $J_z = 1.846 - 0.0276 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.76	55.1	58.8	1.769	1.770	- 1
		1.89	59.1	63.0	1.799	1.794	+ 5
		1.53	59.3	63.2	1.801	1.804	- 3
+ 10	28		log. $J_z = 1.762 - 0.0343 F_z$			$E. M. = \pm 0.000$	
		2.75	43.7	46.6	1.668	1.668	0
		1.89	46.7	49.8	1.697	1.697	0
		1.53	48.1	51.3	1.710	1.710	0

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 16	28		log $J_z = 1.703 - 0.0361 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		2.74	37.6	40.1	1.603	1.604	- 1
		1.89	40.9	43.6	1.639	1.635	+ 4
		1.53	41.4	44.2	1.645	1.648	- 3
+ 16	53		log $J_z = 2.040 - 0.9297 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		2.52	86.6	92.5	1.966	1.965	+ 1
		1.80	89.9	95.9	1.982	1.987	- 5
		1.50	93.2	99.5	1.998	1.995	+ 3
+ 20	53		log $J_z = 2.986 - 0.0302 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		2.52	76.3	81.4	1.911	1.910	+ 1
		1.79	79.2	84.5	1.927	1.932	- 5
		1.49	82.5	88.0	1.944	1.941	+ 3
+ 25	53		log $J_z = 1.939 - 0.0440 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		2.51	63.4	67.6	1.830	1.829	+ 1
		1.79	67.1	71.6	1.855	1.860	- 5
		1.49	70.5	75.3	1.877	1.873	+ 4
+ 30	53		log $J_z = 1.880 - 0.0518 F_z$		$E. M. = \pm 0.012$		
		2.51	53.2	56.8	1.754	1.750	+ 4
		1.79	56.3	60.0	1.778	1.787	- 9
		1.49	60.3	64.4	1.809	1.803	+ 6
+ 35	53		log $J_z = 1.836 - 0.0557 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		2.51	46.8	50.6	1.699	1.696	+ 3
		1.79	49.9	53.2	1.726	1.736	- 10
		1.49	54.0	57.6	1.760	1.753	+ 7
+ 40	53		log $J_z = 1.808 - 0.0689 F_z$		$E. M. = \pm 0.014$		
		2.50	40.8	43.6	1.639	1.636	+ 3
		1.79	44.3	47.2	1.674	1.685	- 11
		1.49	48.5	51.7	1.713	1.705	+ 8
+ 45	53		log $J_z = 1.778 - 0.0782 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		2.50	36.1	38.5	1.585	1.583	+ 2
		1.79	40.1	42.8	1.631	1.638	- 7
		1.49	48.5	46.4	1.667	1.662	+ 5
+ 55	123		log $J_z = 2.055 - 0.0777 F_z$		$E. M. = \pm 0.014$		
		2.45	69.2	73.8	1.868	1.865	+ 3
		1.76	75.5	80.6	1.906	1.917	- 11
		1.48	83.3	88.8	1.948	1.940	+ 8
+ 60	123		log $J_z = 2.004 - 0.0795 F_z$		$E. M. = \pm 0.015$		
		2.45	60.8	64.8	1.812	1.809	+ 3
		1.76	66.6	71.1	1.852	1.864	- 12
		1.48	73.4	78.3	1.894	1.886	+ 8

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 65	123		log $J_z = 1.956 - 0.0857 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		2.44	52.5	56.0	1.748	1.747	+ 1
		1.76	59.2	63.2	1.801	1.805	- 4
		1.48	63.6	67.9	1.832	1.829	+ 3
+ 70	123		log $J_z = 1.892 - 0.0837 F_z$		$E. M. = \pm 0.002$		
		2.44	45.7	48.8	1.688	1.688	0
		1.76	51.8	55.3	1.743	1.745	- 2
		1.48	55.0	58.7	1.769	1.768	+ 1
+ 75	123		log $J_z = 1.826 - 0.0829 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		2.43	39.8	42.5	1.628	1.624	+ 4
		1.76	43.9	46.8	1.670	1.680	- 10
		1.48	48.1	51.4	1.711	1.704	+ 7
+ 80	123		log $J_z = 1.786 - 0.0795 F_z$		$E. M. = \pm 0.017$		
		2.43	37.0	39.5	1.597	1.593	+ 4
		1.76	40.3	43.0	1.633	1.646	- 13
		1.48	44.6	47.6	1.678	1.669	+ 9
+ 85	123		log $J_z = 1.727 - 0.0883 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		2.43	30.7	32.8	1.516	1.513	+ 3
		1.76	34.2	36.5	1.562	1.572	- 10
		1.48	37.7	40.2	1.604	1.597	+ 7
+ 90	123		log $J_z = 1.704 - 0.0944 F_z$		$E. M. = \pm 0.011$		
		2.43	28.1	30.0	1.477	1.475	+ 2
		1.76	31.6	33.8	1.529	1.538	- 9
		1.47	34.8	37.2	1.571	1.565	+ 6
+ 100	123		log $J_z = 1.586 - 0.0908 F_z$		$E. M. = \pm 0.011$		
		2.42	21.9	23.4	1.369	1.366	+ 3
		1.75	24.5	26.2	1.418	1.427	- 9
		1.47	27.0	28.8	1.459	1.453	+ 6
+ 105	123		log $J_z = 1.521 - 0.0961 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		2.42	18.3	19.5	1.290	1.288	+ 2
		1.75	20.8	22.2	1.346	1.353	- 7
		1.47	22.7	24.2	1.384	1.379	+ 5
+ 110	123		log $J_z = 1.457 - 0.0925 F_z$		$E. M. = \pm 0.016$		
		2.41	16.2	17.3	1.238	1.234	+ 4
		1.75	18.0	19.2	1.283	1.295	- 12
		1.47	20.1	21.4	1.330	1.321	+ 9
+ 115	123		log $J_z = 1.427 - 0.1057 F_z$		$E. M. = \pm 0.018$		
		2.41	14.2	15.1	1.179	1.175	+ 4
		1.75	15.9	17.0	1.230	1.244	- 14
		1.47	18.0	19.2	1.283	1.273	+ 10

1912 Juin 2.

Pendant la matinée les observations sont empêchées par le passage de cumuli. Vers midi le ciel s'éclaircit et reste sans nuage pendant tout l'après-midi. Ciel clair d'un bleu profond.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent	
			mm.	p.c.		
12 ^h m.	756.3	+ 16.1	6.7	50	S	3.1
2 p. m.	56.0	+ 17.7	6.5	43	S	4.0
4 »	55.8	+ 17.7	5.9	39	SSE	3.4
6 »	55.7	+ 16.3	6.3	46	SE	3.8

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		log $J_z = 1.708 - 0.0448 F_z$		$E. M. = \pm 0.000$		
		1.26	42.9	44.8	1.651	1.651	0
		1.40	42.0	44.2	1.645	1.645	0
		2.20	39.0	40.6	1.609	1.609	0
- 60	28		log $J_z = 1.695 - 0.0345 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.26	42.8	44.8	1.651	1.652	- 1
		1.38	43.0	45.3	1.656	1.648	+ 8
		2.10	39.4	41.0	1.613	1.623	- 10
		4.00	35.0	36.3	1.560	1.558	+ 2
- 52	28		log $J_z = 2.043 - 0.0252 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.26	97.6	102.1	2.009	2.011	- 2
		1.38	97.7	102.8	2.012	2.008	+ 4
		2.10	93.3	97.2	1.988	1.990	- 2
		4.02	84.2	87.4	1.942	1.942	0
- 40	28		log $J_z = 2.087 - 0.0426 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		1.26	103.0	107.8	2.033	2.033	0
		1.38	101.8	107.0	2.029	2.028	+ 1
		2.10	95.2	99.2	1.997	1.998	- 1
		4.04	79.2	82.2	1.915	1.915	0
- 32	28		log $J_z = 2.074 - 0.0382 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.26	101.1	105.6	2.024	2.026	- 2
		1.38	100.7	106.0	2.025	2.022	+ 3
		2.10	94.5	98.5	1.993	1.994	- 1
		4.05	80.1	83.1	1.920	1.920	0

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 29	28		$\log J_z = 2.045 - 0.0367 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.26	94.3	98.7	1.994	1.999	- 5
		1.38	94.5	99.4	1.997	1.994	+ 3
		2.11	89.6	93.3	1.970	1.967	+ 3
		4.06	75.6	78.5	1.895	1.896	- 1
- 16.5	28		$\log J_z = 1.974 - 0.0409 F_z$		$E. M. = \pm 0.007$		
		1.26	78.7	82.3	1.915	1.922	- 7
		1.38	79.2	83.3	1.921	1.917	+ 4
		2.11	74.8	78.0	1.892	1.887	+ 5
		4.08	61.5	63.8	1.805	1.807	- 2
- 12	28		$\log J_z = 1.937 - 0.0497 F_z$		$E. M. = \pm 0.007$		
		1.26	70.6	73.8	1.868	1.875	- 7
		1.38	70.4	74.1	1.870	1.869	+ 1
		2.11	66.5	69.2	1.840	1.833	+ 7
		4.08	52.0	54.0	1.732	1.734	- 2
- 6.5	28		$\log J_z = 1.907 - 0.0538 F_z$		$E. M. = \pm 0.007$		
		1.26	64.9	67.9	1.832	1.839	- 7
		1.38	65.3	68.7	1.837	1.833	+ 4
		2.11	60.4	62.9	1.799	1.794	+ 5
		4.10	46.6	48.4	1.685	1.687	- 2
- 3.5	28		$\log J_z = 1.888 - 0.0554 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		1.26	62.0	64.8	1.812	1.818	- 6
		1.38	62.1	65.3	1.815	1.812	+ 3
		2.11	57.4	59.7	1.776	1.772	+ 4
		4.11	44.0	45.6	1.659	1.660	- 1
+ 2	28		$\log J_z = 1.857 - 0.0582 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		1.26	57.1	59.7	1.776	1.784	- 8
		1.38	57.5	60.5	1.782	1.777	+ 5
		2.12	52.6	54.8	1.739	1.734	+ 5
		4.12	39.8	41.3	1.616	1.618	- 2
+ 10	28		$\log J_z = 1.778 - 0.0719 F_z$		$E. M. = \pm 0.010$		
		1.26	45.5	47.6	1.678	1.688	- 10
		1.39	45.7	48.2	1.683	1.678	+ 5
		2.12	41.4	43.1	1.634	1.626	+ 8
		4.13	29.0	30.1	1.479	1.482	- 3
+ 10	53		$\log J_z = 2.110 - 0.0602 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		1.26	103.3	108.1	2.034	2.033	+ 1
		1.42	100.6	105.9	2.025	2.024	+ 1
		2.24	90.4	94.2	1.974	1.975	- 1
		3.61	76.4	78.2	1.893	1.893	0

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 16	28		log $J_z = 1.721 - 0.0768 F_z$		$F. M. = \pm 0.010$		
		1.26	39.2	41.0	1.613	1.624	- 11
		1.39	39.6	41.6	1.619	1.614	+ 5
		2.13	35.3	36.8	1.566	1.558	+ 8
		4.14	24.2	25.1	1.400	1.403	- 3
+ 16	53		log $J_z = 2.039 - 0.0602 F_z$		$E. M. = \pm 0.004$		
		1.26	87.9	91.9	1.963	1.963	0
		1.42	85.9	90.4	1.956	1.953	+ 3
		2.24	76.1	79.2	1.899	1.904	- 5
		3.63	63.9	66.4	1.822	1.821	+ 1
+ 20	28		log $J_z = 1.667 - 0.0782 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		1.26	34.4	36.0	1.556	1.568	- 12
		1.39	34.6	36.4	1.561	1.558	+ 3
		2.13	31.3	32.6	1.513	1.500	+ 13
		4.15	21.0	21.8	1.338	1.342	- 4
+ 20	53		log $J_z = 1.988 - 0.0644 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.26	77.2	80.7	1.907	1.907	0
		1.42	75.4	79.3	1.899	1.897	+ 2
		2.24	66.6	69.4	1.841	1.844	- 3
		3.64	54.8	56.9	1.755	1.754	+ 1
+ 25	53		log $J_z = 1.946 - 0.0720 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.26	68.4	71.5	1.854	1.855	- 1
		1.42	66.9	70.4	1.848	1.844	+ 4
		2.25	57.7	60.0	1.778	1.784	- 6
		3.65	46.6	48.4	1.685	1.684	+ 1
+ 30	53		log $J_z = 1.880 - 0.0795 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.26	57.7	60.4	1.781	1.780	+ 1
		1.42	55.9	58.8	1.769	1.767	+ 2
		2.25	47.7	49.6	1.695	1.701	- 6
		3.66	37.5	39.0	1.591	1.589	+ 2
+ 35	53		log $J_z = 1.831 - 0.0788 F_z$		$E. M. = \pm 0.004$		
		1.26	51.5	53.9	1.732	1.732	0
		1.42	50.2	52.8	1.723	1.720	+ 3
		2.26	42.7	44.5	1.648	1.653	- 5
		3.66	33.8	35.1	1.545	1.543	+ 2
+ 40	53		log $J_z = 1.789 - 0.0869 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.26	45.6	47.7	1.679	1.680	- 1
		1.42	44.5	46.8	1.670	1.666	+ 4
		2.25	37.2	38.8	1.589	1.594	- 5
		3.66	28.6	29.7	1.473	1.471	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 45	53		$\log J_z = 1.740 - 0.0867 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	40.9	42.8	1.631	1.631	0
		1.42	39.8	41.9	1.622	1.617	+ 5
		2.26	33.1	34.4	1.537	1.545	- 8
		3.67	25.6	26.6	1.425	1.422	+ 3
+ 50	53		$\log J_z = 1.696 - 0.0977 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.26	35.5	37.2	1.571	1.573	- 2
		1.42	34.7	36.5	1.562	1.557	+ 5
		2.26	28.3	29.5	1.470	1.475	- 5
		3.68	21.0	21.8	1.338	1.336	+ 2
+ 55	53		$\log J_z = 1.629 - 0.0936 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	31.1	32.5	1.512	1.511	+ 1
		1.42	30.1	31.7	1.501	1.496	+ 5
		2.26	24.7	25.7	1.410	1.418	- 8
		3.68	18.7	19.4	1.288	1.285	+ 3
+ 60	53		$\log J_z = 1.596 - 0.0989 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.26	28.2	29.5	1.470	1.471	- 1
		1.42	27.3	28.7	1.458	1.455	+ 3
		2.26	22.5	23.4	1.369	1.373	- 4
		3.69	16.5	17.1	1.233	1.231	+ 2
+ 65	53		$\log J_z = 1.526 - 0.1006 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	24.3	25.4	1.405	1.400	+ 5
		1.42	23.2	24.4	1.387	1.383	+ 4
		2.27	18.5	19.2	1.283	1.298	- 15
		3.69	14.0	14.5	1.161	1.156	+ 5
+ 70	53		$\log J_z = 1.491 - 0.1074 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.26	21.5	22.5	1.352	1.356	- 4
		1.42	20.9	22.0	1.342	1.339	+ 3
		2.27	17.1	17.8	1.250	1.248	+ 2
		3.70	11.9	12.4	1.093	1.094	- 1
+ 70	123		$\log J_z = 1.909 - 0.1156 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.43	52.9	55.7	1.746	1.744	+ 2
		2.30	41.8	43.6	1.639	1.643	- 4
		3.80	28.5	29.6	1.471	1.470	+ 1
+ 75	123		$\log J_z = 1.836 - 0.1185 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.43	44.7	47.0	1.672	1.667	+ 5
		2.30	34.6	36.0	1.556	1.564	- 8
		3.80	23.6	24.5	1.389	1.385	+ 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 80	123		log $J_z = 1.788 - 0.1163 F_z$		$E. M. = \pm 0.016$		
		1.43	40.6	42.7	1.630	1.622	+ 8
		2.31	30.8	32.1	1.507	1.520	- 13
		3.81	21.6	22.4	1.350	1.345	+ 5
+ 85	123		log $J_z = 1.733 - 0.1215 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		1.43	35.0	36.8	1.566	1.559	+ 7
		2.31	26.5	27.6	1.441	1.452	- 11
		3.81	18.1	18.8	1.274	1.270	+ 4
+ 90	123		log $J_z = 1.688 - 0.1244 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		1.43	31.3	32.9	1.517	1.510	+ 7
		2.32	23.5	24.5	1.389	1.399	- 10
		3.82	15.9	16.5	1.217	1.212	+ 5
+ 100	123		log $J_z = 1.578 - 0.1254 F_z$		$E. M. = \pm 0.016$		
		1.43	24.2	25.5	1.407	1.399	+ 8
		2.32	18.1	18.8	1.274	1.287	- 13
		3.82	12.2	12.7	1.104	1.099	+ 5
+ 105	123		log $J_z = 1.533 - 0.1332 F_z$		$E. M. = \pm 0.004$		
		1.43	21.0	22.1	1.344	1.342	+ 2
		2.33	16.0	16.6	1.220	1.223	- 3
		3.82	10.2	10.6	1.025	1.024	+ 1

1912 Juin 11.

Au lever de soleil une brume épaisse retarde les opérations jusqu'à 7 h. a. m. Des voiles légers de nuages s'élèvent du Sud pendant la matinée et gênent les observations prises le matin. Cependant à l'enregistrement vers 1 h. p. m. le ciel devient libre de nuage. Entre 2 h.—5 h. p. m. des nuages s'interposent de nouveau et depuis, les observations peuvent être reprises d'une manière continue. En réduisant les observations du soir, les différentes mesures ont montré une assez bonne concordance avec la relation linéaire entre log J_z et F_z .

Temps	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité mm. p. c.		Direction et vitesse du vent	
1 ^h p. m.	755.3	+ 19.5	8.4	50	ENE	2.8
5 »	55.1	+ 20.0	8.0	46	NE	3.1
6 »	55.0	+ 19.0	7.4	45	NE	3.2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		$\log J_z = 1.662 - 0.0483 F_z$			$E. M. = \pm 0.002$	
		1.30	38.9	39.8	1.600	1.599	+ 1
		2.16	35.0	36.0	1.556	1.558	- 2
		3.14	31.5	32.4	1.511	1.510	+ 1
- 52	28		$\log J_z = 2.006 - 0.0172 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.28	93.9	96.1	1.983	1.984	- 1
		2.39	90.5	93.1	1.969	1.965	+ 4
		2.95	87.2	89.7	1.953	1.955	- 2
- 40	28		$\log J_z = 2.040 - 0.0290 F_z$			$E. M. = \pm 0.002$	
		1.28	98.0	100.5	2.002	2.003	- 1
		2.39	91.2	93.8	1.972	1.970	+ 2
		2.95	87.3	89.7	1.953	1.954	- 1
- 32	28		$\log J_z = 2.034 - 0.0241 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.28	98.1	100.5	2.002	2.004	- 2
		2.40	93.1	95.7	1.981	1.977	+ 4
		2.96	88.5	91.1	1.960	1.963	- 3
- 29	28		$\log J_z = 2.002 - 0.0225 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.28	91.6	93.8	1.972	1.973	- 1
		2.40	87.0	89.4	1.951	1.948	+ 3
		2.97	83.4	85.7	1.933	1.935	- 2
- 16.5	28		$\log J_z = 1.925 - 0.0206 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.28	77.2	79.1	1.898	1.899	- 1
		2.41	73.6	75.6	1.879	1.876	+ 3
		2.98	70.8	72.8	1.862	1.865	- 3
- 12	28		$\log J_z = 1.880 - 0.0283 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.28	67.8	69.5	1.842	1.844	- 2
		2.41	63.9	65.7	1.818	1.812	+ 6
		2.98	60.3	62.0	1.792	1.796	- 4
- 6.5	28		$\log J_z = 1.848 - 0.0327 F_z$			$E. M. = \pm 0.000$	
		1.28	62.4	63.9	1.806	1.806	0
		2.41	57.3	58.8	1.769	1.769	0
		2.99	54.6	56.2	1.750	1.750	0
- 3.5	28		$\log J_z = 1.820 - 0.0290 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		1.28	58.9	60.3	1.780	1.782	- 2
		2.41	55.6	57.2	1.757	1.750	+ 7
		2.99	51.9	53.4	1.728	1.733	- 5
+ 2	28		$\log J_z = 1.791 - 0.0347 F_z$			$E. M. = \pm 0.001$	
		1.28	54.5	55.8	1.747	1.747	0
		2.41	49.5	50.8	1.706	1.707	- 1
		2.99	47.5	48.8	1.688	1.687	+ 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 10	28		$\log J_z = 1.707 - 0.0465 F_z$		$E. M. = \pm 0.005$		
		1.28	43.4	44.5	1.648	1.647	+ 1
		2.42	37.9	39.0	1.591	1.595	- 4
		3.00	36.1	37.1	1.569	1.567	+ 2
+ 17	28		$\log J_z = 1.636 - 0.0428 F_z$		$E. M. = \pm 0.004$		
		1.28	37.3	38.2	1.582	1.581	+ 1
		2.42	32.9	33.8	1.529	1.532	- 3
		3.01	31.4	32.3	1.509	1.507	+ 2
+ 17	53		$\log J_z = 1.972 - 0.0421 F_z$		$E. M. = \pm 0.016$		
		1.30	82.0	84.0	1.924	1.917	+ 7
		2.21	71.5	73.5	1.866	1.879	- 13
		3.23	67.6	69.5	1.842	1.836	+ 6
+ 20	28		$\log J_z = 1.590 - 0.0420 F_z$		$E. M. = \pm 0.006$		
		1.28	33.7	34.5	1.538	1.536	+ 2
		2.42	29.6	30.4	1.483	1.488	- 5
		3.01	28.5	29.3	1.467	1.464	+ 3
+ 20	53		$\log J_z = 1.929 - 0.0449 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		1.30	73.0	74.8	1.874	1.871	+ 3
		2.21	64.6	66.5	1.823	1.830	- 7
		3.23	59.5	61.2	1.787	1.784	+ 3
+ 25	28		$\log J_z = 1.530 - 0.0491 F_z$		$E. M. = \pm 0.004$		
		1.28	28.7	29.4	1.468	1.467	+ 1
		2.42	25.0	25.6	1.408	1.411	- 3
		3.01	23.5	24.2	1.384	1.382	+ 2
+ 25	53		$\log J_z = 1.877 - 0.0561 F_z$		$E. M. = \pm 0.018$		
		1.30	63.3	64.8	1.812	1.804	+ 8
		2.21	53.3	54.8	1.739	1.753	- 14
		3.23	49.1	50.5	1.703	1.696	+ 7
+ 30	28		$\log J_z = 1.474 - 0.0515 F_z$		$E. M. = \pm 0.007$		
		1.28	25.1	25.7	1.410	1.408	+ 2
		2.43	21.5	22.1	1.344	1.349	- 5
		3.02	20.4	21.0	1.322	1.318	+ 4
+ 30	53		$\log J_z = 1.812 - 0.0563 F_z$		$E. M. = \pm 0.020$		
		1.30	54.5	55.8	1.747	1.739	+ 8
		2.22	45.6	46.9	1.671	1.687	- 16
		3.24	42.2	43.4	1.637	1.629	+ 8
+ 35	53		$\log J_z = 1.763 - 0.0578 F_z$		$E. M. = \pm 0.020$		
		1.30	48.5	49.7	1.696	1.688	+ 8
		2.22	40.5	41.6	1.619	1.635	- 16
		3.24	37.2	38.3	1.583	1.575	+ 8

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 40	53		$\log J_z = 1.720 - 0.0626 F_z$			$E. M. = \pm 0.018$	
		1.30	43.3	44.4	1.647	1.639	+ 8
		2.22	35.8	36.8	1.566	1.581	- 15
		3.25	32.5	33.4	1.524	1.517	+ 7
+ 45	53		$\log J_z = 1.668 - 0.0626 F_z$			$E. M. = \pm 0.022$	
		1.30	38.5	39.4	1.596	1.587	+ 9
		2.22	31.5	32.4	1.511	1.529	- 18
		3.25	28.9	29.7	1.473	1.465	+ 8
+ 50	53		$\log J_z = 1.623 - 0.0701 F_z$			$E. M. = \pm 0.017$	
		1.30	33.8	34.6	1.539	1.532	+ 7
		2.23	27.6	28.4	1.453	1.467	- 14
		3.26	24.5	25.2	1.401	1.395	+ 6
+ 55	53		$\log J_z = 1.546 - 0.0623 F_z$			$E. M. = \pm 0.019$	
		1.30	29.0	29.7	1.473	1.465	+ 8
		2.23	23.9	24.6	1.391	1.407	- 16
		3.26	21.8	22.4	1.350	1.343	+ 7
+ 60	53		$\log J_z = 1.490 - 0.0601 F_z$			$E. M. = \pm 0.015$	
		1.30	25.6	26.2	1.418	1.412	+ 6
		2.23	21.5	22.1	1.344	1.356	- 12
		3.27	19.4	19.9	1.299	1.293	+ 6
+ 60	123		$\log J_z = 1.909 - 0.0697 F_z$			$E. M. = \pm 0.020$	
		1.31	65.6	67.2	1.827	1.818	+ 9
		2.25	53.0	54.5	1.736	1.752	- 16
		3.33	47.1	48.4	1.685	1.677	+ 8
+ 65	123		$\log J_z = 1.846 - 0.0722 F_z$			$E. M. = \pm 0.020$	
		1.31	56.1	57.5	1.760	1.751	+ 9
		2.25	45.2	46.5	1.667	1.684	- 17
		3.33	39.9	41.0	1.613	1.606	+ 7
+ 70	123		$\log J_z = 1.806 - 0.0780 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		1.31	50.1	51.3	1.710	1.704	+ 6
		2.26	40.5	41.6	1.619	1.630	- 11
		3.34	34.6	35.6	1.551	1.546	+ 5
+ 75	123		$\log J_z = 1.738 - 0.0768 F_z$			$E. M. = \pm 0.019$	
		1.31	43.2	44.3	1.646	1.638	+ 8
		2.26	34.4	35.4	1.549	1.565	- 16
		3.34	29.9	30.8	1.489	1.482	+ 7
+ 80	123		$\log J_z = 1.694 - 0.0823 F_z$			$E. M. = \pm 0.021$	
		1.31	38.4	39.4	1.596	1.586	+ 10
		2.26	30.2	31.0	1.491	1.508	- 17
		3.35	26.0	26.7	1.427	1.419	+ 8

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 85	123		$\log J_z = 1.638 - 0.0854 F_z$			$E. M. = \pm 0.016$	
		1.31	33.3	34.1	1.533	1.526	+ 7
		2.27	26.3	27.0	1.431	1.444	- 13
		3.35	22.2	22.8	1.358	1.352	+ 6
+ 90	123		$\log J_z = 1.594 - 0.0907 F_z$			$E. M. = \pm 0.019$	
		1.31	29.5	30.2	1.480	1.475	+ 5
		2.27	23.0	23.6	1.373	1.388	- 15
		3.36	19.4	19.9	1.299	1.289	+ 10
+ 100	123		$\log J_z = 1.477 - 0.0875 F_z$			$E. M. = \pm 0.015$	
		1.31	22.9	23.4	1.369	1.362	+ 7
		2.28	17.9	18.4	1.265	1.277	- 12
		3.37	15.0	15.4	1.188	1.182	+ 6
+ 105	123		$\log J_z = 1.419 - 0.0939 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		1.31	19.5	20.0	1.301	1.296	+ 5
		2.28	15.3	15.7	1.196	1.205	- 9
		3.37	12.4	12.8	1.107	1.102	+ 5
+ 110	123		$\log J_z = 1.357 - 0.0963 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.31	16.8	17.2	1.236	1.231	+ 5
		2.28	13.0	13.4	1.127	1.137	- 10
		3.37	10.6	10.9	1.037	1.033	+ 4
+ 115	123		$\log J_z = 1.347 - 0.1063 F_z$			$E. M. = \pm 0.021$	
		1.31	16.1	16.5	1.217	1.208	+ 9
		2.29	11.9	12.2	1.086	1.103	- 17
		3.38	9.6	9.9	0.996	0.988	+ 8

1912 Juillet 6.

Le ciel paraît complètement clair, depuis les premières heures du matin jusqu'à 3^h. p. m. Depuis des cirri s'interposent et empêchent la suite des opérations. Pendant la journée le ciel reste d'un aspect blanchâtre.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent
			mm.	p.c.	
6 ^h a. m.	762.8	+ 14.2	7.2	60	NNW 3.2
8 »	62.7	+ 16.6	6.5	47	NNW 3.5
9 »	62.4	+ 17.8	6.9	46	NW 3.4
12 m.	61.3	+ 20.9	7.6	41	NNW 4.7

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		log $J_z = 1.627 - 0.0399 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.29	33.8	34.5	1.538	1.535	+ 3
		1.78	35.2	35.9	1.555	1.556	- 1
		1.50	35.8	36.4	1.561	1.567	- 6
		1.24	37.6	38.3	1.583	1.577	+ 5
- 60	28		log $J_z = 1.603 - 0.0147 F_z$			$E. M. = \pm 0.000$	
		2.45	36.2	36.9	1.567	1.567	0
		1.86	36.9	37.6	1.575	1.575	0
		1.54	37.3	38.0	1.580	1.580	0
		1.25	37.7	38.4	1.584	1.584	0
- 52	28		log $J_z = 1.972 - 0.0190 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.45	83.3	85.0	1.929	1.926	+ 3
		1.86	84.0	85.6	1.932	1.937	- 5
		1.54	86.0	87.6	1.943	1.943	0
		1.25	87.7	89.3	1.951	1.949	+ 2
- 40	28		log $J_z = 2.022 - 0.0491 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		2.44	78.8	80.4	1.905	1.902	+ 3
		1.85	82.2	83.8	1.923	1.931	- 8
		1.54	86.5	88.1	1.945	1.946	- 1
		1.25	90.3	92.0	1.964	1.960	+ 4
- 29	28		log $J_z = 1.993 - 0.0544 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.44	71.3	72.7	1.862	1.860	+ 2
		1.85	76.1	77.6	1.890	1.893	- 3
		1.54	79.6	81.1	1.909	1.909	0
		1.25	83.0	84.5	1.927	1.925	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 16.5	28		log $J_z = 1.927 - 0.0668 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.43	57.1	58.2	1.765	1.765	0
		1.85	62.1	63.4	1.802	1.803	- 1
		1.54	66.1	67.3	1.828	1.824	+ 4
		1.25	68.2	69.5	1.842	1.844	- 2
- 12	28		log $J_z = 1.882 - 0.0735 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		2.43	49.9	50.9	1.707	1.704	+ 3
		1.84	53.6	54.7	1.738	1.747	- 9
		1.53	58.2	59.3	1.773	1.770	+ 3
		1.25	60.8	61.9	1.792	1.790	+ 2
- 6.5	28		log $J_z = 1.853 - 0.0815 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.43	44.5	45.4	1.657	1.655	+ 2
		1.84	49.0	50.0	1.699	1.703	- 4
		1.53	52.8	53.8	1.731	1.729	+ 2
		1.25	55.4	56.5	1.752	1.751	+ 1
- 3.5	28		log $J_z = 1.830 - 0.0798 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.43	42.6	43.5	1.638	1.636	+ 2
		1.84	46.8	47.8	1.679	1.683	- 4
		1.53	50.1	51.0	1.708	1.708	0
		1.25	52.9	53.9	1.732	1.730	+ 2
+ 2	28		log $J_z = 1.793 - 0.0867 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.43	37.6	38.4	1.584	1.582	+ 2
		1.84	41.9	42.8	1.631	1.633	- 2
		1.53	44.6	45.4	1.657	1.661	- 4
		1.25	47.8	48.7	1.688	1.685	+ 3
+ 10	28		log $J_z = 1.697 - 0.0928 F_z$			$E. M. = \pm 0.022$	
		2.42	29.2	29.8	1.474	1.472	+ 2
		1.84	33.5	34.2	1.534	1.526	+ 8
		1.53	33.2	33.8	1.529	1.555	- 26
		1.25	38.6	39.4	1.596	1.580	+ 16
+ 17	28		log $J_z = 1.665 - 0.1045 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		2.42	25.3	25.8	1.412	1.412	0
		1.84	29.4	30.0	1.477	1.473	+ 4
		1.53	31.1	31.7	1.501	1.505	- 4
		1.25	33.7	34.3	1.535	1.535	0
+ 17	53		log $J_z = 2.013 - 0.1045 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.27	58.3	59.5	1.775	1.776	- 1
		1.77	66.4	67.7	1.831	1.828	+ 3
		1.48	70.1	71.4	1.854	1.858	- 3
		1.26	74.8	76.3	1.883	1.881	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 20	28		log $J_z = 1.626 - 0.1093 F_z$				$E. M. = \pm 0.000$
		2.42	22.6	23.0	1.362	1.362	0
		1.84	26.1	26.6	1.425	1.425	0
		1.53	28.2	28.8	1.459	1.459	0
		1.25	30.3	30.9	1.490	1.489	+ 1
+ 20	53		log $J_z = 1.970 - 0.1081 F_z$				$E. M. = \pm 0.002$
		2.27	52.1	53.2	1.726	1.725	+ 1
		1.77	58.8	60.0	1.778	1.779	- 1
		1.48	63.2	64.4	1.809	1.810	- 1
		1.26	67.3	68.6	1.836	1.834	+ 2
+ 25	53		log $J_z = 1.908 - 0.1119 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$
		2.26	44.3	45.2	1.655	1.655	0
		1.77	50.3	51.3	1.710	1.710	0
		1.48	53.8	54.8	1.739	1.743	- 4
		1.26	57.5	58.9	1.770	1.767	+ 3
+ 30	53		log $J_z = 1.850 - 0.1150 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$
		2.26	38.1	39.1	1.592	1.590	+ 2
		1.77	43.0	43.8	1.641	1.646	- 5
		1.48	47.3	48.2	1.683	1.680	+ 3
		1.26	49.7	50.7	1.705	1.705	0
+ 35	53		log $J_z = 1.799 - 0.1163 F_z$				$E. M. = \pm 0.002$
		2.26	33.7	34.4	1.537	1.536	+ 1
		1.77	38.1	38.9	1.590	1.593	- 3
		1.48	41.5	42.4	1.627	1.627	0
		1.26	44.2	45.0	1.653	1.652	+ 1
+ 40	53		log $J_z = 1.762 - 0.1245 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$
		2.25	29.8	30.4	1.483	1.482	+ 1
		1.77	34.1	34.6	1.539	1.541	- 2
		1.48	37.4	38.2	1.582	1.578	+ 4
		1.26	39.4	40.2	1.604	1.605	- 1
+ 45	53		log $J_z = 1.698 - 0.1207 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$
		2.25	26.2	26.8	1.428	1.426	+ 2
		1.76	29.7	30.3	1.481	1.486	- 5
		1.47	32.6	33.2	1.521	1.521	0
		1.26	34.5	35.2	1.547	1.546	+ 1
+ 50	53		log $J_z = 1.669 - 0.1385 F_z$				$E. M. = \pm 0.002$
		2.24	22.4	22.8	1.358	1.359	- 1
		1.76	26.2	26.7	1.427	1.425	+ 2
		1.47	28.6	29.2	1.465	1.465	0
		1.26	30.6	31.2	1.494	1.495	- 1

g	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 50	123		log $J_z = 2.062 - 0.1363 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		2.21	56.5	57.6	1.760	1.761	- 1
		1.75	66.1	67.4	1.829	1.824	+ 5
		1.47	70.1	71.5	1.854	1.862	- 8
		1.26	76.9	78.4	1.894	1.890	+ 4
+ 55	53		log $J_z = 1.602 - 0.1353 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.24	19.6	20.0	1.301	1.299	+ 2
		1.76	22.5	23.0	1.362	1.364	- 2
		1.47	24.7	25.2	1.401	1.403	- 2
		1.26	26.7	27.2	1.435	1.432	+ 3
+ 55	123		log $J_z = 2.005 - 0.1411 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		2.21	48.6	49.5	1.695	1.693	+ 2
		1.75	56.3	57.4	1.759	1.758	+ 1
		1.47	60.7	61.8	1.791	1.798	- 7
		1.26	66.8	68.0	1.833	1.827	+ 6
+ 60	53		log $J_z = 1.557 - 0.1390 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		2.24	17.2	17.6	1.246	1.246	0
		1.76	20.2	20.6	1.314	1.312	+ 2
		1.47	22.0	22.4	1.350	1.353	- 3
		1.26	23.7	24.2	1.384	1.382	+ 2
+ 60	123		log $J_z = 1.939 - 0.1335 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		2.20	43.5	44.4	1.647	1.645	+ 2
		1.74	50.1	51.1	1.708	1.707	+ 1
		1.47	53.3	54.3	1.735	1.743	- 6
		1.26	58.7	59.8	1.777	1.771	+ 6
+ 65	53		log $J_z = 1.506 - 0.1478 F_z$			$E. M. = \pm 0.002$	
		2.23	14.7	15.0	1.176	1.177	- 1
		1.76	17.4	17.7	1.248	1.246	+ 2
		1.47	19.0	19.4	1.288	1.289	- 1
		1.26	20.5	20.9	1.320	1.320	0
+ 65	123		log $J_z = 1.873 - 0.1345 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		2.20	37.1	37.8	1.577	1.577	0
		1.74	43.0	43.9	1.642	1.639	+ 3
		1.47	45.6	46.5	1.667	1.675	- 8
		1.26	50.0	51.0	1.708	1.703	+ 5
+ 70	123		log $J_z = 1.828 - 0.1422 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		2.20	32.0	32.6	1.513	1.515	- 2
		1.74	37.8	38.6	1.587	1.580	+ 7
		1.47	40.0	40.8	1.611	1.619	- 8
		1.26	44.1	44.8	1.651	1.649	+ 2

d	s	F_z	J_z	$-J_z$ corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 75	123		log $J_z = 1.783 - 0.1504 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		2.20	27.6	28.1	1.449	1.452	- 3
		1.74	32.7	33.4	1.524	1.521	+ 3
		1.46	34.8	37.4	1.573	1.563	+ 10
		1.26	38.8	38.5	1.585	1.593	- 8
+ 80	123		log $J_z = 1.728 - 0.1523 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		2.20	24.2	24.7	1.393	1.393	0
		1.74	28.8	29.4	1.468	1.463	+ 5
		1.46	30.7	31.3	1.496	1.506	- 10
		1.26	34.1	34.8	1.542	1.536	+ 6
+ 85	123		log $J_z = 1.672 - 0.1559 F_z$		$E. M. = \pm 0.013$		
		2.19	20.8	21.2	1.326	1.331	- 5
		1.74	25.5	26.0	1.415	1.401	+ 14
		1.46	26.7	27.2	1.435	1.445	- 10
		1.26	29.4	30.0	1.477	1.476	+ 1
+ 90	123		log $J_z = 1.629 - 0.1624 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		2.19	18.3	18.7	1.272	1.273	- 1
		1.74	22.2	22.6	1.354	1.346	+ 8
		1.46	23.8	24.2	1.384	1.392	- 8
		1.26	26.3	26.8	1.428	1.424	+ 4
+ 100	123		log $J_z = 1.512 - 0.1536 F_z$		$E. M. = \pm 0.008$		
		2.19	14.6	14.9	1.173	1.176	- 3
		1.74	17.5	17.9	1.253	1.245	+ 8
		1.46	18.8	19.1	1.281	1.288	- 7
		1.26	20.5	20.9	1.320	1.318	+ 2
+ 100	253		log $J_z = 1.843 - 0.1632 F_z$		$E. M. = \pm 0.014$		
		2.15	30.0	30.6	1.486	1.491	- 5
		1.70	37.5	38.2	1.582	1.565	+ 17
		1.44	38.8	39.6	1.598	1.607	- 9
		1.26	42.6	43.4	1.637	1.637	0
+ 105	123		log $J_z = 1.467 - 0.1689 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		2.19	12.3	12.5	1.097	1.097	0
		1.73	14.8	15.1	1.179	1.175	+ 4
		1.46	15.9	16.2	1.210	1.220	- 10
		1.26	17.9	18.2	1.260	1.254	+ 6
+ 105	253		log $J_z = 1.771 - 0.1613 F_z$		$E. M. = \pm 0.011$		
		2.15	25.8	26.3	1.420	1.424	- 4
		1.70	31.6	32.2	1.508	1.497	+ 11
		1.44	33.2	33.8	1.529	1.539	- 10
		1.26	36.4	37.1	1.569	1.567	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 110	123		$\log J_z = 1.403 - 0.1676 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		2.18	10.8	11.0	1.041	1.038	+ 3
		1.73	12.8	13.0	1.114	1.113	+ 1
		1.46	13.7	13.9	1.143	1.159	- 16
		1.26	15.7	16.0	1.204	1.192	+ 12
+ 110	253		$\log J_z = 1.712 - 0.1622 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		2.14	22.5	23.0	1.362	1.365	- 3
		1.70	27.5	28.0	1.447	1.436	+ 11
		1.44	28.8	29.4	1.468	1.478	- 10
		1.26	31.3	32.4	1.511	1.508	+ 3
+ 115	253		$\log J_z = 1.689 - 0.1786 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		2.14	19.8	20.2	1.305	1.307	- 2
		1.69	24.4	24.9	1.396	1.387	+ 9
		1.44	25.8	26.4	1.422	1.432	- 10
		1.26	28.8	29.4	1.468	1.464	+ 4
+ 120	253		$\log J_z = 1.624 - 0.1731 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		2.14	17.5	17.8	1.250	1.254	- 4
		1.69	21.7	22.1	1.344	1.331	+ 13
		1.44	22.7	23.2	1.365	1.375	- 10
		1.26	25.1	25.6	1.408	1.406	+ 2
+ 125	253		$\log J_z = 1.572 - 0.1756 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		2.13	15.4	15.7	1.196	1.198	- 2
		1.69	18.8	19.2	1.283	1.276	+ 7
		1.44	20.0	20.4	1.310	1.319	- 9
		1.26	22.2	22.6	1.354	1.350	+ 4

1912 Juillet 7.

Dans l'après-midi le ciel reste complètement clair et sans nuage, avec des conditions atmosphériques paraissant constantes. Le ciel a le même aspect blanc châtre et laiteux que le jour précédent.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent	
			mm.	p.c.		
12 ^h m.	756.4	+ 27.6	11.1	42	W	3.2
2 p.m.	55.9	+ 28.1	8.9	32	W	3.5
4 »	55.6	+ 28.4	8.2	29	W	2.9
5 »	55.6	+ 27.3	9.3	35	WSW	3.4
6 »	55.5	+ 26.0	9.5	39	WSW	3.2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103	log $J_z = 1.611 - 0.0439 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.26	3.62	36.4	1.561	1.555	+ 6
		1.32	35.5	35.7	1.553	1.553	0
		1.80	33.4	33.6	1.526	1.532	- 6
		2.45	31.5	31.6	1.500	1.503	- 3
		3.59	28.5	28.6	1.456	1.453	+ 3
- 60	28	log $J_z = 1.640 - 0.0446 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$	
		1.26	38.5	38.7	1.588	1.583	+ 5
		1.30	38.0	38.2	1.582	1.582	0
		1.74	36.0	36.2	1.559	1.562	- 3
		2.30	34.0	34.2	1.534	1.537	- 3
		3.33	31.1	31.2	1.494	1.491	+ 3
- 52	28	log $J_z = 1.990 - 0.0444 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.26	86.0	86.5	1.937	1.935	+ 2
		1.30	85.0	85.5	1.932	1.933	- 1
		1.74	82.4	82.8	1.916	1.913	+ 3
		2.31	75.4	75.8	1.880	1.888	- 8
		3.33	69.8	70.2	1.846	1.843	+ 3
- 40	28	log $J_z = 2.021 - 0.0678 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.26	86.1	86.5	1.937	1.936	+ 1
		1.30	84.5	84.9	1.929	1.933	- 4
		1.74	80.4	80.8	1.907	1.903	+ 4
		2.31	72.8	73.2	1.865	1.865	0
		3.34	62.0	62.3	1.794	1.795	- 1

d.	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 32	28	$\log J_z = 2.022 - 0.0703 F_z$					$E. M. = \pm 0.003$
		1.26	85.9	86.3	1.936	1.934	+ 2
		1.30	85.0	85.4	1.931	1.931	0
		1.74	79.0	79.4	1.900	1.900	0
		2.32	71.3	71.6	1.855	1.859	- 4
		3.35	61.2	61.5	1.789	1.787	+ 2
- 29	28	$\log J_z = 1.982 - 0.0672 F_z$					$E. M. = \pm 0.002$
		1.26	78.9	79.3	1.899	1.898	+ 1
		1.30	78.0	78.4	1.894	1.895	- 1
		1.74	73.2	73.5	1.866	1.866	0
		2.32	66.5	66.8	1.825	1.827	- 2
		3.35	57.0	57.3	1.758	1.757	+ 1
- 16.5	28	$\log J_z = 1.913 - 0.0769 F_z$					$E. M. = \pm 0.003$
		1.26	65.5	65.8	1.818	1.816	+ 2
		1.31	64.8	65.1	1.814	1.813	+ 1
		1.75	59.3	59.6	1.775	1.779	- 4
		2.33	53.9	54.2	1.734	1.734	0
		3.37	45.0	45.2	1.655	1.654	+ 1
- 12	28	$\log J_z = 1.862 - 0.0827 F_z$					$E. M. = \pm 0.003$
		1.26	57.3	57.6	1.760	1.758	+ 2
		1.31	56.0	56.3	1.751	1.754	- 3
		1.75	51.9	52.1	1.717	1.717	0
		2.33	47.0	47.2	1.674	1.670	+ 4
		3.37	38.0	38.2	1.582	1.584	- 2
- 6.5	28	$\log J_z = 1.834 - 0.0923 F_z$					$E. M. = \pm 0.004$
		1.26	52.2	52.5	1.720	1.718	+ 2
		1.31	51.0	51.3	1.710	1.713	- 3
		1.75	46.6	46.8	1.670	1.672	- 2
		2.33	41.9	42.1	1.624	1.619	+ 5
		3.37	33.0	33.2	1.521	1522.	- 1
- 3.5	28	$\log J_z = 1.813 - 0.0938 F_z$					$E. M. = \pm 0.004$
		1.26	49.6	49.8	1.697	1.694	+ 3
		1.31	48.4	48.6	1.687	1.689	- 2
		1.75	44.0	44.2	1.645	1.648	- 3
		2.33	39.4	39.6	1.598	1.594	+ 4
		3.38	31.0	31.2	1.494	1.495	- 1
+ 2	28	$\log J_z = 1.773 - 0.0985 F_z$					$E. M. = \pm 0.004$
		1.26	44.3	44.5	1.648	1.649	- 1
		1.31	44.0	44.2	1.645	1.644	+ 1
		1.75	39.4	39.6	1.598	1.601	- 3
		2.34	35.2	35.4	1.549	1.543	+ 6
		3.38	27.3	27.4	1.438	1.440	- 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 10	28	log $J_z = 1.694 - 0.1122 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	35.5	35.7	1.553	1.553	0
		1.31	35.0	35.2	1.547	1.547	0
		1.75	30.9	31.0	1.491	1.498	- 7
		2.34	27.6	27.7	1.442	1.432	+ 10
		3.39	20.3	20.4	1.310	1.313	- 3
+ 10	53	log $J_z = 2.034 - 0.1095 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.26	78.8	79.2	1.899	1.896	+ 3
		1.33	78.0	78.4	1.894	1.888	+ 6
		1.83	66.8	67.2	1.827	1.834	- 7
		2.51	56.6	56.9	1.755	1.759	- 4
		3.74	42.2	42.4	1.627	1.624	+ 3
+ 17	28	log $J_z = 1.629 - 0.1092 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	30.9	31.0	1.491	1.491	0
		1.31	30.5	30.6	1.486	1.486	0
		1.75	26.9	27.0	1.431	1.438	- 7
		2.35	24.0	24.1	1.382	1.373	+ 9
		3.39	17.9	18.0	1.255	1.258	- 3
+ 17	53	log $J_z = 1.974 - 0.1122 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.26	67.9	68.3	1.834	1.832	+ 2
		1.33	67.7	68.1	1.833	1.825	+ 8
		1.83	57.7	58.0	1.763	1.769	- 6
		2.51	48.0	48.2	1.683	1.692	- 9
		3.75	36.0	36.2	1.559	1.552	+ 7
+ 20	28	log $J_z = 1.590 - 0.1159 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	28.1	28.2	1.450	1.444	+ 6
		1.31	26.9	27.0	1.431	1.438	- 7
		1.75	24.1	24.2	1.384	1.387	- 3
		2.35	21.1	21.2	1.326	1.318	+ 8
		3.40	15.5	15.6	1.193	1.195	- 2
+ 20	53	log $J_z = 1.935 - 0.1188 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$	
		1.26	60.7	61.0	1.785	1.785	0
		1.33	60.2	60.5	1.782	1.777	+ 5
		1.83	51.3	51.5	1.712	1.717	- 5
		2.51	43.1	43.3	1.636	1.636	0
		3.75	30.9	31.0	1.491	1.490	+ 1
+ 25	28	log $J_z = 1.534 - 0.1254 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.26	23.6	23.7	1.375	1.376	- 1
		1.31	23.2	23.3	1.367	1.370	- 3
		2.35	17.5	17.6	1.246	1.239	+ 7
		3.40	12.6	12.7	1.104	1.107	- 3

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 25	53	$\log J_z = 1.881 - 0.1315 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.26	51.5	51.8	1.714	1.715	- 1
		1.33	51.0	51.3	1.710	1.706	+ 4
		1.83	43.1	43.3	1.636	1.640	- 4
		2.52	35.2	35.4	1.549	1.549	0
		3.76	24.3	24.4	1.387	1.386	+ 1
+ 30	53	$\log J_z = 1.837 - 0.1410 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.26	45.4	45.6	1.659	1.659	0
		1.33	44.8	45.0	1.653	1.649	+ 4
		1.83	37.2	37.4	1.573	1.579	- 6
		2.52	30.4	30.6	1.486	1.482	+ 4
		3.77	20.1	20.2	1.305	1.307	- 2
+ 35	53	$\log J_z = 1.783 - 0.1443 F_z$				$E. M. = \pm 0.003$	
		1.26	39.5	39.7	1.599	1.602	- 3
		1.33	39.2	39.4	1.596	1.592	+ 4
		1.84	32.6	32.8	1.516	1.518	- 2
		2.53	26.0	26.2	1.418	1.418	0
		3.77	17.3	17.4	1.240	1.240	0
+ 40	53	$\log J_z = 1.743 - 0.1500 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.26	35.9	36.1	1.558	1.554	+ 4
		1.33	34.9	35.1	1.545	1.544	+ 1
		1.84	28.6	28.7	1.458	1.467	- 9
		2.53	23.3	23.4	1.369	1.364	+ 5
		3.78	14.9	15.0	1.176	1.176	0
+ 45	53	$\log J_z = 1.686 - 0.1508 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.26	31.1	31.3	1.496	1.496	0
		1.33	30.6	30.8	1.489	1.485	+ 4
		1.84	25.1	25.2	1.401	1.408	- 7
		2.53	20.2	20.3	1.308	1.304	+ 4
		3.79	12.8	13.0	1.114	1.114	0
+ 50	53	$\log J_z = 1.640 - 0.1594 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	27.2	27.4	1.438	1.440	- 2
		1.33	26.8	26.9	1.430	1.428	+ 2
		1.84	21.8	21.9	1.340	1.347	- 7
		2.54	17.4	17.5	1.243	1.235	+ 8
		3.79	10.7	10.8	1.033	1.035	- 2
+ 55	53	$\log J_z = 1.581 - 0.1615 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.26	23.6	23.7	1.375	1.378	- 3
		1.33	23.2	23.3	1.367	1.366	+ 1
		1.84	19.0	19.1	1.281	1.284	- 3
		2.54	15.0	15.1	1.179	1.171	+ 8
		3.80	9.2	9.2	0.964	0.967	- 3

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log. J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 55	123	log. $J_z = 1.980 - 0.1672 F_z$					$E. M. = \pm 0.009$
		1.26	57.5	57.8	1.762	1.769	- 7
		1.34	57.0	57.3	1.758	1.756	+ 2
		1.87	46.0	46.2	1.665	1.667	- 2
		2.59	36.0	36.2	1.559	1.547	+ 12
		3.85	21.3	21.4	1.330	1.336	- 6
+ 60	53	log. $J_z = 1.521 - 0.1590 F_z$					$E. M. = \pm 0.002$
		1.26	20.7	20.8	1.318	1.321	- 3
		1.33	20.4	20.5	1.312	1.310	+ 2
		1.84	16.9	17.0	1.230	1.229	+ 1
		2.55	13.0	13.1	1.117	1.116	+ 1
		3.81	8.2	8.2	0.915	0.916	- 1
+ 60	123	log. $J_z = 1.929 - 0.1694 F_z$					$E. M. = \pm 0.007$
		1.26	51.0	51.3	1.710	1.716	- 4
		1.34	50.5	50.8	1.706	1.702	+ 4
		1.87	40.6	40.8	1.611	1.613	- 2
		2.59	31.3	31.5	1.498	1.489	+ 9
		3.86	18.6	18.7	1.272	1.278	- 6
+ 65	53	log. $J_z = 1.466 - 0.1645 F_z$					$E. M. = \pm 0.008$
		1.26	18.3	18.4	1.265	1.259	+ 6
		1.33	17.6	17.7	1.248	1.247	+ 1
		1.84	14.4	14.5	1.161	1.164	- 3
		2.55	10.8	10.9	1.037	1.047	- 10
		3.81	7.0	7.0	0.845	0.840	+ 5
+ 65	123	log. $J_z = 1.866 - 0.1709 F_z$					$E. M. = \pm 0.007$
		1.26	43.8	44.1	1.644	1.650	- 6
		1.34	43.4	43.6	1.639	1.637	+ 2
		1.87	34.9	35.1	1.545	1.546	- 1
		2.59	26.9	27.1	1.433	1.423	+ 10
		3.86	15.8	15.9	1.201	1.206	- 5
+ 70	123	log. $J_z = 1.811 - 0.1721 F_z$					$E. M. = \pm 0.005$
		1.26	38.5	38.7	1.588	1.594	- 6
		1.34	38.3	38.5	1.585	1.580	+ 5
		1.87	30.6	30.8	1.489	1.489	0
		2.60	23.2	23.3	1.367	1.363	+ 4
		3.87	13.8	13.9	1.143	1.045	- 2
+ 75	123	log. $J_z = 1.749 - 0.1726 F_z$					$E. M. = \pm 0.006$
		1.26	33.4	33.6	1.526	1.532	- 6
		1.34	33.0	33.2	1.521	1.518	+ 3
		1.87	26.4	26.6	1.425	1.426	- 1
		2.60	20.2	20.3	1.308	1.300	+ 8
		3.88	11.9	11.9	1.076	1.080	- 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 80	123		$\log J_z = 1.693 - 0.1720 F_z$			$E. M. = \pm 0.004$	
		1.26	29.8	30.0	1.477	1.477	0
		1.34	29.0	29.2	1.465	1.463	+ 2
		1.87	23.2	23.3	1.367	1.372	- 5
		2.60	17.6	17.7	1.248	1.246	+ 2
+ 85	123		$\log J_z = 1.631 - 0.1735 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		1.26	25.5	25.6	1.408	1.413	- 5
		1.34	25.3	25.4	1.405	1.399	+ 6
		1.87	20.1	20.2	1.305	1.307	- 2
		2.61	15.0	15.1	1.179	1.179	0
+ 85	253		$\log J_z = 1.948 - 0.1760 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.26	52.0	52.2	1.718	1.727	- 9
		1.92	41.3	41.5	1.618	1.611	+ 7
		2.68	30.2	30.4	1.483	1.477	+ 6
		4.02	17.1	17.2	1.236	1.241	- 5
+ 90	253		$\log J_z = 1.905 - 0.1820 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		1.26	46.5	46.7	1.669	1.676	- 7
		1.92	36.3	36.5	1.562	1.555	+ 7
		2.68	26.2	26.3	1.420	1.417	+ 3
		4.02	14.7	14.8	1.170	1.173	- 3
+ 100	253		$\log J_z = 1.816 - 0.1913 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	36.6	36.8	1.566	1.575	- 9
		1.35	36.5	36.7	1.565	1.558	+ 7
		1.92	28.3	28.4	1.453	1.449	+ 4
		2.69	19.8	19.9	1.299	1.301	- 2
		4.03	11.0	11.1	1.045	1.045	0
+ 105	253		$\log J_z = 1.744 - 0.1909 F_z$			$E. M. = \pm 0.013$	
		1.26	31.0	31.2	1.494	1.504	- 10
		1.35	31.5	31.7	1.501	1.486	+ 15
		1.93	23.8	23.9	1.377	1.376	+ 1
		2.70	16.4	16.5	1.217	1.229	- 12
		4.04	9.5	9.5	0.978	0.973	+ 5
+ 110	253		$\log J_z = 1.686 - 0.1931 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		1.26	27.0	27.2	1.435	1.442	- 7
		1.35	26.7	26.9	1.430	1.425	+ 5
		1.93	20.9	21.0	1.322	1.313	+ 9
		2.70	14.2	14.3	1.155	1.164	- 9
		4.04	8.1	8.1	0.907	0.905	+ 2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 115	253		log $J_z = 1.636 - 0.1942 F_z$			$F. M. = \pm 0.008$	
		1.26	24.0	24.1	1.382	1.391	- 9
		1.35	24.0	24.1	1.382	1.374	+ 8
		1.93	18.4	18.5	1.267	1.261	+ 6
		2.71	12.6	12.7	1.104	1.110	- 6
		4.05	7.1	7.1	0.851	0.850	+ 1
+ 120	253		log $J_z = 1.594 - 0.2008 F_z$			$E. M. = \pm 0.007$	
		1.26	21.4	21.5	1.332	1.341	- 9
		1.35	21.3	21.4	1.330	1.323	+ 7
		1.94	16.0	16.1	1.207	1.204	+ 3
		2.71	11.1	11.2	1.049	1.050	- 1
		4.06	6.0	6.0	0.778	0.779	- 1

1912 Juillet 8.

Les conditions météorologiques paraissent les mêmes que le jour précédent. Ciel sans nuage et situation atmosphérique constante.

Temps.	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité		Direction et vitesse du vent	
			mm.	p.c.		
12 ^h m.	755.8	+ 24.9	10.3	44	W	1.8
2 p. m.	55.5	+ 26.8	9.3	36	SSW	2.8
4 »	55.1	+ 27.2	8.8	33	SSW	2.4
5 »	55.0	+ 26.9	8.7	33	S	2.4
6 »	54.9	+ 26.3	9.0	36	S	2.2

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103	log $J_z = 1.649 - 0.0613 F_z$				$E. M. = \pm 0.002$	
		1.26	37.3	37.2	1.571	1.572	- 1
		1.40	37.0	36.8	1.566	1.564	+ 2
		1.89	34.0	34.0	1.531	1.533	- 2
		2.42	32.2	31.8	1.502	1.501	+ 1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
— 60	28		log $J_z = 1.648 - 0.0492 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	38.0	37.8	1.577	1.586	— 9
		1.37	40.0	39.8	1.599	1.581	+ 18
		1.78	35.5	35.5	1.550	1.561	— 11
		2.33	34.7	34.2	1.534	1.533	+ 1
		2.80	33.1	32.6	1.513	1.511	+ 2
— 52	28		log $J_z = 1.973 - 0.0359 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	83.4	83.1	1.920	1.928	— 8
		1.37	86.9	86.4	1.937	1.924	+ 13
		1.78	79.0	79.0	1.898	1.909	— 11
		2.34	79.9	78.8	1.897	1.889	+ 8
		2.81	75.0	73.9	1.869	1.872	— 3
— 40	28		log $J_z = 2.002 - 0.0581 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		1.26	83.4	83.1	1.920	1.929	— 9
		1.37	86.5	85.8	1.933	1.922	+ 11
		1.79	77.8	77.8	1.891	1.898	— 7
		2.34	76.1	75.0	1.875	1.866	+ 9
		2.82	69.1	68.1	1.833	1.838	— 5
— 32	28		log $J_z = 2.012 - 0.0613 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		1.26	84.6	84.2	1.925	1.935	— 10
		1.37	88.1	87.5	1.942	1.928	+ 14
		1.79	78.3	78.3	1.894	1.903	— 9
		2.35	76.8	75.7	1.879	1.868	+ 11
		2.82	69.2	68.2	1.834	1.840	— 7
— 29	28		log $J_z = 1.979 - 0.0619 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	79.0	78.7	1.896	1.901	— 5
		1.37	80.9	80.3	1.905	1.894	+ 11
		1.79	71.8	71.8	1.856	1.868	— 12
		2.35	70.7	69.7	1.843	1.833	+ 10
		2.82	64.3	63.3	1.801	1.804	— 3
— 16.5	28		log $J_z = 1.898 - 0.0647 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		1.26	64.6	64.3	1.808	1.817	— 9
		1.37	67.0	66.6	1.823	1.810	+ 13
		1.79	59.1	59.1	1.772	1.783	— 11
		2.36	58.2	57.4	1.759	1.746	+ 13
		2.83	52.0	51.2	1.709	1.715	— 6
— 12	28		log $J_z = 1.851 - 0.0728 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		1.26	56.7	56.5	1.754	1.760	— 6
		1.37	58.7	58.2	1.765	1.752	+ 13
		1.79	50.8	50.8	1.706	1.721	— 15
		2.36	49.8	49.1	1.691	1.680	+ 11
		2.84	44.5	43.8	1.641	1.645	— 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 6.5	28		$\log J_z = 1.814 - 0.0770 F_z$			$E. M. = \pm 0.016$	
		1.26	51.4	51.2	1.709	1.717	- 8
		1.37	53.3	52.8	1.723	1.708	+ 15
		1.80	45.6	45.6	1.659	1.675	- 16
		2.36	44.9	44.2	1.645	1.632	+ 13
		2.84	39.5	38.9	1.590	1.595	- 5
- 3.5	28		$\log J_z = 1.788 - 0.0779 F_z$			$E. M. = \pm 0.016$	
		1.26	48.4	48.2	1.683	1.690	- 7
		1.37	50.2	49.8	1.697	1.681	+ 16
		1.80	42.7	42.7	1.630	1.648	- 18
		2.36	42.0	41.4	1.617	1.604	+ 13
		2.84	37.1	36.6	1.563	1.567	- 4
+ 2	28		$\log J_z = 1.754 - 0.0841 F_z$			$E. M. = \pm 0.015$	
		1.26	44.2	44.0	1.643	1.648	- 5
		1.37	45.4	45.0	1.653	1.639	+ 14
		1.80	38.5	38.5	1.585	1.603	- 18
		2.36	37.6	37.0	1.568	1.556	+ 12
		2.85	32.9	32.4	1.511	1.514	- 3
+ 2	53		$\log J_z = 2.112 - 0.0829 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.26	100.9	100.5	2.002	2.008	- 6
		1.40	99.6	98.9	1.995	1.996	- 1
		1.90	91.0	91.0	1.959	1.955	+ 4
		2.47	84.0	82.7	1.918	1.908	+ 10
		2.95	73.1	72.0	1.857	1.868	- 11
+ 10	28		$\log J_z = 1.679 - 0.1003 F_z$			$E. M. = \pm 0.018$	
		1.26	35.0	34.8	1.542	1.553	- 11
		1.37	36.5	36.2	1.559	1.542	+ 17
		1.80	30.5	30.5	1.484	1.499	- 15
		2.37	29.1	28.7	1.458	1.442	+ 16
		2.85	24.7	24.3	1.386	1.394	- 8
+ 10	53		$\log J_z = 2.029 - 0.0980 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		1.26	79.8	79.5	1.900	1.905	- 5
		1.40	78.6	78.0	1.892	1.891	+ 1
		1.91	69.8	69.8	1.844	1.841	+ 3
		2.47	63.5	62.6	1.797	1.787	+ 10
		2.95	54.5	53.8	1.731	1.740	- 9
+ 17	28		$\log J_z = 1.600 - 0.0899 F_z$			$E. M. = \pm 0.016$	
		1.26	30.1	30.0	1.477	1.486	- 9
		1.38	31.5	31.3	1.496	1.475	+ 21
		1.80	26.5	26.5	1.423	1.438	- 15
		2.37	24.7	24.3	1.386	1.386	0
		2.86	22.5	22.2	1.346	1.342	+ 4

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 17	53		$\log J_z = 1.974 - 0.1020 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		1.26	69.2	68.9	1.838	1.845	- 7
		1.40	67.9	67.4	1.829	1.831	- 2
		1.91	61.6	61.6	1.790	1.779	+ 11
		2.48	54.5	53.8	1.731	1.721	+ 10
		2.96	46.5	45.8	1.661	1.672	- 11
+ 20	28		$\log J_z = 1.578 - 0.1063 F_z$			$E. M. = \pm 0.016$	
		1.26	27.2	27.0	1.431	1.444	- 13
		1.38	28.6	28.4	1.453	1.432	+ 21
		1.80	23.7	23.7	1.375	1.387	- 12
		2.37	21.7	21.4	1.330	1.326	+ 4
		2.86	19.1	18.8	1.274	1.274	0
+ 20	53		$\log J_z = 1.935 - 0.1101 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	61.9	61.6	1.790	1.797	- 7
		1.40	60.7	60.2	1.780	1.781	- 1
		1.91	53.9	53.9	1.732	1.725	+ 7
		2.48	48.0	47.3	1.675	1.662	+ 13
		2.96	40.2	39.6	1.598	1.610	- 12
+ 25	28		$\log J_z = 1.531 - 0.1203 F_z$			$E. M. = \pm 0.015$	
		1.26	23.6	23.5	1.371	1.380	- 9
		1.38	24.3	24.1	1.382	1.365	+ 17
		1.80	20.0	20.0	1.301	1.315	- 14
		2.38	18.2	17.9	1.253	1.245	+ 8
		2.86	15.5	15.3	1.185	1.187	- 2
+ 25	53		$\log J_z = 1.882 - 0.1218 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	52.6	52.4	1.719	1.728	- 9
		1.40	52.1	51.6	1.713	1.711	+ 2
		1.92	45.1	45.1	1.654	1.648	+ 6
		2.48	39.8	39.2	1.593	1.580	+ 13
		2.96	32.8	32.3	1.509	1.521	- 12
+ 30	53		$\log J_z = 1.831 - 0.1272 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	46.3	46.1	1.664	1.671	- 7
		1.41	45.3	44.9	1.652	1.652	0
		1.92	39.0	39.0	1.591	1.587	+ 4
		2.48	34.5	34.0	1.531	1.516	+ 15
		2.97	28.0	27.6	1.441	1.453	- 12
+ 35	53		$\log J_z = 1.773 - 0.1287 F_z$			$E. M. = \pm 0.014$	
		1.26	40.2	40.0	1.602	1.611	- 9
		1.41	39.4	39.1	1.592	1.592	0
		1.92	34.1	34.1	1.533	1.526	+ 7
		2.49	29.8	29.4	1.468	1.453	+ 15
		2.97	24.2	23.8	1.377	1.391	- 14

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 40	53	$\log J_z = 1.737 - 0.1371 F_z$				$E. M. = \pm 0.012$	
		1.26	36.2	36.0	1.556	1.565	- 9
		1.41	35.3	35.0	1.544	1.544	0
		1.93	30.3	30.3	1.481	1.473	+ 8
		2.49	26.0	25.6	1.408	1.396	+ 12
		2.97	21.1	20.8	1.318	1.330	- 12
+ 40	123	$\log J_z = 2.139 - 0.1380 F_z$				$E. M. = \pm 0.011$	
		1.27	91.0	90.6	1.957	1.964	- 7
		1.42	88.1	87.4	1.942	1.943	- 1
		1.94	75.8	75.8	1.880	1.872	+ 8
		2.55	63.8	62.9	1.799	1.788	+ 11
		3.06	51.6	50.8	1.706	1.717	- 11
+ 45	53	$\log J_z = 1.676 - 0.1345 F_z$				$E. M. = \pm 0.017$	
		1.26	31.6	31.4	1.497	1.507	- 10
		1.41	30.9	30.6	1.486	1.487	- 1
		1.93	26.6	26.6	1.425	1.417	+ 8
		2.49	23.4	23.0	1.362	1.342	+ 20
		2.98	18.4	18.1	1.258	1.276	- 16
+ 45	123	$\log J_z = 2.111 - 0.1503 F_z$				$E. M. = \pm 0.012$	
		1.27	84.5	84.1	1.925	1.920	+ 5
		1.42	77.6	77.0	1.886	1.898	- 12
		1.95	66.4	66.4	1.822	1.818	+ 4
		2.55	55.7	54.9	1.740	1.728	+ 12
		3.06	44.6	43.9	1.642	1.651	- 9
+ 50	53	$\log J_z = 1.642 - 0.1489 F_z$				$E. M. = \pm 0.013$	
		1.27	27.8	27.8	1.444	1.453	- 9
		1.41	27.2	27.0	1.431	1.432	- 1
		1.93	23.1	23.1	1.364	1.355	+ 9
		2.50	19.5	19.2	1.283	1.270	+ 13
		2.98	15.5	15.3	1.185	1.198	- 13
+ 50	123	$\log J_z = 2.065 - 0.1567 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$	
		1.27	74.6	74.3	1.871	1.866	+ 5
		1.42	68.7	68.2	1.834	1.843	- 9
		1.95	57.7	57.7	1.761	1.760	+ 1
		2.55	47.8	47.1	1.673	1.666	+ 7
		3.07	38.5	37.9	1.579	1.584	- 5
+ 55	53	$\log J_z = 1.573 - 0.1433 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.27	24.3	24.2	1.384	1.391	- 7
		1.42	23.7	23.5	1.371	1.370	+ 1
		1.93	20.1	20.1	1.303	1.297	+ 6
		2.50	17.0	16.8	1.225	1.215	+ 10
		2.98	13.9	13.7	1.137	1.146	- 9

d	s	J_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 55	123	$\log J_z = 1.967 - 0.1416 F_z$				$E. M. = \pm 0.011$	
		1.27	60.6	60.3	1.780	1.787	- 7
		1.42	58.8	58.3	1.766	1.766	0
		1.95	49.5	49.5	1.695	1.691	+ 4
		2.56	42.1	41.4	1.617	1.604	+ 13
		3.07	33.7	33.2	1.521	1.532	- 11
+ 60	53	$\log J_z = 1.534 - 0.1550 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.27	21.6	21.5	1.332	1.337	- 5
		1.42	20.9	20.7	1.316	1.314	+ 2
		1.94	17.2	17.2	1.236	1.234	+ 2
		2.50	14.5	14.3	1.155	1.147	+ 8
		2.99	11.8	11.6	1.064	1.071	- 7
+ 60	123	$\log J_z = 1.919 - 0.1464 F_z$				$E. M. = \pm 0.010$	
		1.27	53.2	53.0	1.724	1.733	- 9
		1.42	52.4	52.0	1.716	1.711	+ 5
		1.95	43.4	43.4	1.637	1.634	+ 3
		2.56	36.3	35.8	1.554	1.544	+ 10
		3.07	29.3	28.9	1.461	1.470	- 9
+ 65	53	$\log J_z = 1.450 - 0.1439 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$	
		1.27	18.2	18.1	1.258	1.267	- 9
		1.42	18.0	17.9	1.253	1.246	+ 7
		1.94	14.9	14.9	1.173	1.171	+ 2
		2.51	12.5	12.3	1.090	1.089	+ 1
		2.99	10.5	10.4	1.017	1.020	- 3
+ 65	123	$\log J_z = 1.865 - 0.1525 F_z$				$E. M. = \pm 0.010$	
		1.27	46.0	45.8	1.661	1.671	- 10
		1.42	45.3	44.9	1.652	1.648	+ 4
		1.96	37.4	37.4	1.573	1.566	+ 7
		2.56	30.9	30.4	1.483	1.474	+ 9
		3.08	24.7	24.3	1.386	1.395	- 9
+ 70	123	$\log J_z = 1.807 - 0.1555 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.27	40.0	39.8	1.600	1.609	- 9
		1.43	39.0	38.8	1.589	1.585	+ 4
		1.96	32.1	32.1	1.507	1.502	+ 5
		2.56	26.5	26.1	1.417	1.409	+ 8
		3.08	21.2	20.9	1.320	1.328	- 8
+ 75	123	$\log J_z = 1.741 - 0.1526 F_z$				$E. M. = \pm 0.013$	
		1.27	34.6	34.5	1.538	1.547	- 9
		1.43	33.9	33.6	1.526	1.523	+ 3
		1.96	27.8	27.8	1.444	1.442	+ 2
		2.57	23.5	23.2	1.365	1.349	+ 16
		3.08	18.4	18.1	1.258	1.271	- 13

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 80	123		$\log J_z = 1.695 - 0.1623 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.27	30.0	29.9	1.476	1.489	- 13
		1.43	30.0	29.8	1.474	1.463	+ 11
		1.96	23.9	23.9	1.378	1.377	+ 1
		2.57	19.6	19.3	1.286	1.278	+ 8
		3.08	15.6	15.4	1.188	1.195	- 7
+ 80	253		$\log J_z = 2.044 - 0.1727 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		1.44	62.2	61.8	1.791	1.795	- 4
		2.00	50.0	50.0	1.699	1.698	+ 1
		2.64	40.2	39.6	1.598	1.588	+ 10
		3.24	30.5	30.0	1.477	1.484	- 7
+ 85	123		$\log J_z = 1.633 - 0.1632 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.27	26.0	25.9	1.413	1.426	- 13
		1.43	25.8	25.6	1.408	1.399	+ 9
		1.97	20.8	20.8	1.318	1.311	+ 7
		2.57	16.7	16.4	1.215	1.213	+ 2
		3.09	13.5	13.3	1.124	1.129	- 5
+ 85	253		$\log J_z = 1.989 - 0.1772 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		1.44	54.0	53.7	1.730	1.734	- 4
		2.00	43.3	43.3	1.636	1.635	+ 1
		2.65	34.4	33.9	1.530	1.520	+ 10
		3.24	26.0	25.6	1.408	1.415	- 7
+ 90	123		$\log J_z = 1.605 - 0.1754 F_z$			$E. M. = \pm 0.003$	
		1.43	22.7	22.6	1.354	1.354	0
		1.97	18.1	18.1	1.258	1.260	- 2
		2.57	14.6	14.4	1.158	1.154	+ 4
		3.09	11.7	11.5	1.061	1.063	- 2
+ 90	253		$\log J_z = 1.939 - 0.1789 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.44	47.6	47.3	1.675	1.681	- 6
		2.01	38.2	38.2	1.582	1.579	+ 3
		2.65	30.4	30.0	1.477	1.465	+ 12
		3.25	22.6	22.3	1.348	1.357	- 11
+ 100	123		$\log J_z = 1.488 - 0.1716 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.43	17.8	17.7	1.248	1.243	+ 5
		1.97	13.9	13.9	1.143	1.150	- 7
		2.58	11.3	11.1	1.045	1.046	- 1
		3.10	9.2	9.1	0.959	0.956	+ 3
+ 100	253		$\log J_z = 1.844 - 0.1865 F_z$			$E. M. = \pm 0.011$	
		1.44	37.3	37.1	1.569	1.575	- 6
		2.01	29.5	29.5	1.470	1.469	+ 1
		2.66	23.4	23.0	1.362	1.347	+ 15
		3.26	17.0	16.8	1.225	1.235	- 10

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 105	123		$\log J_z = 1.416 - 0.1737 F_z$				$E. M. = \pm 0.007$
		1.44	15.0	14.9	1.173	1.166	+ 7
		1.97	11.6	11.6	1.064	1.074	- 10
		2.58	9.4	9.3	0.968	0.968	0
		3.10	7.7	7.6	0.881	0.878	+ 3
+ 105	253		$\log J_z = 1.781 - 0.1928 F_z$				$E. M. = \pm 0.012$
		1.44	31.5	31.3	1.496	1.504	- 8
		2.01	25.0	25.0	1.398	1.394	+ 4
		2.66	19.5	19.2	1.283	1.269	+ 14
		3.27	14.0	13.8	1.140	1.151	- 11
+ 110	253		$\log J_z = 1.718 - 0.1908 F_z$				$E. M. = \pm 0.014$
		1.44	27.5	27.3	1.436	1.443	- 7
		2.02	21.6	21.6	1.334	1.333	+ 1
		2.67	17.1	16.9	1.228	1.209	+ 19
		3.28	12.2	12.0	1.079	1.092	- 13
+ 115	253		$\log J_z = 1.674 - 0.1943 F_z$				$E. M. = \pm 0.013$
		1.45	24.5	24.3	1.386	1.393	- 7
		2.02	19.2	19.2	1.283	1.282	+ 1
		2.67	15.1	14.9	1.173	1.156	+ 17
		3.28	10.8	10.6	1.025	1.037	- 12
+ 120	253		$\log J_z = 1.615 - 0.1926 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$
		1.45	21.6	21.4	1.330	1.336	- 6
		2.03	16.9	16.9	1.228	1.225	+ 3
		2.68	13.1	12.9	1.111	1.099	+ 12
		3.29	9.5	9.4	0.973	0.982	- 9

1912 Juillet 14.

Quoique le ciel paraisse complètement libre de nuage dans l'après-midi, on observe cependant un brouillard sec qui se fait remarquer surtout au coucher du soleil. Les mesures pyréliométriques faites ce jour donnent aussi des valeurs de radiation extraordinairement faibles.

Temps	Barom. mm. Hg.	Température Cels.	Humidité mm. p. c.		Direction et vitesse du vent	
1 ^h p. m.	766.8	+ 27.0	9.7	37	S	1.6
2 »	66.5	+ 27.2	8.8	33	S	1.5
5 »	66.0	+ 27.7	9.3	34	SSW	2.1

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
- 80	103		log $J_z = 1.644 - 0.0784 F_z$		$E. M. = \pm 0.001$		
		1.30	35.4	34.9	1.543	1.542	+ 1
		1.45	34.3	33.8	1.529	1.530	- 1
		2.17	30.2	29.8	1.474	1.474	0
- 60	28		log $J_z = 1.676 - 0.0785 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.28	39.0	38.4	1.584	1.575	+ 9
		1.41	36.5	36.0	1.556	1.565	- 9
		2.08	33.2	32.5	1.512	1.513	- 1
		2.44	31.0	30.6	1.486	1.484	+ 2
- 52	28		log $J_z = 2.006 - 0.0835 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.28	82.2	81.0	1.908	1.899	+ 9
		1.41	76.9	75.7	1.879	1.888	- 9
		2.08	68.6	67.6	1.830	1.832	- 2
		2.45	64.7	63.7	1.804	1.801	+ 3
- 40	28		log $J_z = 2.077 - 0.1388 F_z$		$E. M. = \pm 0.003$		
		1.28	80.7	79.6	1.901	1.899	+ 2
		1.42	76.7	75.6	1.879	1.880	- 1
		2.09	61.7	60.8	1.784	1.787	- 3
		2.45	55.7	54.8	1.739	1.737	+ 2
- 32	28		log $J_z = 2.046 - 0.1445 F_z$		$E. M. = \pm 0.009$		
		1.42	69.9	68.9	1.838	1.841	- 3
		2.09	57.3	56.4	1.751	1.744	+ 7
		2.45	49.4	48.6	1.687	1.692	- 5

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
- 29	28		$\log J_z = 2.030 - 0.1589 F_z$			$E. M. = \pm 0.012$	
		1.28	68.8	67.8	1.831	1.827	+ 4
		1.42	63.4	62.5	1.796	1.805	- 9
		2.09	52.0	51.3	1.710	1.698	+ 12
		2.45	43.7	43.1	1.634	1.641	- 7
- 16.5	28		$\log J_z = 1.949 - 0.1768 F_z$			$E. M. = \pm 0.008$	
		1.28	54.3	53.6	1.729	1.723	+ 6
		1.42	49.8	49.0	1.690	1.698	- 8
		2.10	38.7	38.1	1.581	1.577	+ 4
		2.46	33.1	32.6	1.513	1.514	- 1
- 12	28		$\log J_z = 1.903 - 0.1878 F_z$			$E. M. = \pm 0.009$	
		1.28	47.5	46.8	1.670	1.663	+ 7
		1.42	43.1	42.4	1.627	1.636	- 9
		2.11	33.0	32.5	1.512	1.507	+ 5
		2.46	27.9	27.5	1.439	1.441	- 2
- 6.5	28		$\log J_z = 1.877 - 0.2019 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.28	42.6	42.0	1.623	1.619	+ 4
		1.42	39.1	38.5	1.585	1.591	- 6
		2.11	28.9	28.5	1.455	1.452	+ 3
		2.47	24.2	23.8	1.377	1.379	- 2
+ 3.5	28		$\log J_z = 1.847 - 0.2001 F_z$			$E. M. = \pm 0.006$	
		1.28	39.6	39.0	1.591	1.591	0
		1.42	37.1	36.5	1.562	1.563	- 1
		2.11	27.3	26.9	1.430	1.425	+ 5
		2.47	22.7	22.4	1.350	1.353	- 3
+ 2	28		$\log J_z = 1.801 - 0.2031 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.28	35.5	35.0	1.544	1.541	+ 3
		1.42	32.7	32.2	1.508	1.513	- 5
		2.11	24.2	23.8	1.377	1.373	+ 4
		2.47	20.1	19.8	1.297	1.299	- 2
+ 2	53		$\log J_z = 2.136 - 0.1973 F_z$			$E. M. = \pm 0.005$	
		1.30	76.9	75.7	1.879	1.880	- 1
		1.46	72.1	71.0	1.851	1.848	+ 3
		2.22	50.0	49.2	1.692	1.698	- 6
		2.72	40.7	40.1	1.603	1.600	+ 3
+ 10	28		$\log J_z = 1.723 - 0.2154 F_z$			$E. M. = \pm 0.010$	
		1.28	28.6	28.2	1.450	1.446	+ 4
		1.42	26.0	25.6	1.408	1.416	- 8
		2.12	19.1	18.8	1.274	1.265	+ 9
		2.48	15.4	15.2	1.182	1.188	- 6

g	s	F_z	J_z	J_z corr.	$\log J_z$		diff.
					obs.	calc.	
+ 10	53	$\log J_z = 2.048 - 0.2134 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.30	59.4	58.5	1.767	1.771	- 4
		1.46	56.2	55.3	1.743	1.737	+ 6
		2.23	37.5	37.0	1.568	1.572	- 4
		2.73	29.8	29.4	1.468	1.466	+ 2
+ 17	28	$\log J_z = 1.643 - 0.2076 F_z$				$E. M. = \pm 0.014$	
		1.28	23.6	23.2	1.365	1.377	- 12
		1.43	23.1	22.8	1.358	1.346	+ 12
		2.12	16.5	16.3	1.212	1.203	+ 9
		2.48	13.4	13.2	1.121	1.128	- 7
+ 17	53	$\log J_z = 1.990 - 0.2181 F_z$				$E. M. = \pm 0.005$	
		1.30	51.3	50.5	1.703	1.706	- 3
		1.46	48.3	47.5	1.677	1.672	+ 5
		2.23	32.2	31.7	1.501	1.504	- 3
		2.73	25.3	24.9	1.396	1.395	+ 1
+ 20	28	$\log J_z = 1.630 - 0.2250 F_z$				$E. M. = \pm 0.008$	
		1.28	22.0	21.8	1.338	1.342	- 4
		1.43	20.7	20.4	1.310	1.308	+ 2
		2.12	14.7	14.5	1.161	1.153	+ 8
		2.49	11.8	11.6	1.064	1.070	- 6
+ 20	53	$\log J_z = 1.951 - 0.2274 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.30	45.3	44.6	1.649	1.655	- 6
		1.46	43.0	42.4	1.627	1.619	+ 8
		2.24	27.7	27.3	1.436	1.443	- 7
		2.73	21.8	21.5	1.332	1.329	+ 3
+ 25	53	$\log J_z = 1.891 - 0.2389 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.30	38.1	37.5	1.574	1.581	- 7
		1.46	36.1	35.6	1.551	1.542	+ 9
		2.24	22.8	22.5	1.352	1.356	- 4
		2.74	17.6	17.3	1.238	1.236	+ 2
+ 30	53	$\log J_z = 1.835 - 0.2433 F_z$				$E. M. = \pm 0.012$	
		1.30	33.4	32.9	1.517	1.519	- 2
		1.46	31.1	30.6	1.486	1.479	+ 7
		2.24	19.2	18.9	1.276	1.289	- 13
		2.74	15.2	15.0	1.176	1.168	+ 8
+ 35	53	$\log J_z = 1.783 - 0.2498 F_z$				$E. M. = \pm 0.004$	
		1.30	28.9	28.5	1.455	1.458	- 3
		1.46	26.7	26.3	1.420	1.418	+ 2
		2.25	17.0	16.8	1.225	1.221	+ 4
		2.75	12.6	12.4	1.093	1.096	- 3

d	s	F_z	J_z	J_z corr.	log J_z		diff.
					obs.	calc.	
+ 40	53	log $J_z = 1.744 - 0.2598 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.30	25.8	25.4	1.405	1.406	- 1
		1.47	23.6	23.2	1.365	1.362	+ 3
		2.25	14.4	14.2	1.152	1.159	- 7
		2.75	11.0	10.8	1.033	1.030	+ 3
+ 45	53	log $J_z = 1.696 - 0.2651 F_z$				$E. M. = \pm 0.002$	
		1.30	22.8	22.4	1.350	1.352	- 2
		1.47	20.6	20.3	1.308	1.307	+ 1
		2.25	12.8	12.6	1.100	1.100	0
		2.76	9.3	9.2	0.964	0.964	0
+ 50	53	log $J_z = 1.642 - 0.2715 F_z$				$E. M. = \pm 0.006$	
		1.30	19.9	19.6	1.292	1.289	+ 3
		1.47	17.8	17.5	1.243	1.243	0
		2.26	10.7	10.5	1.021	1.028	- 7
		2.76	8.0	7.9	0.898	0.894	+ 4
+ 50	123	log $J_z = 2.044 - 0.2702 F_z$				$E. M. = \pm 0.017$	
		1.31	49.2	48.5	1.686	1.690	- 4
		2.32	27.4	27.0	1.431	1.418	+ 13
		2.81	19.2	18.9	1.276	1.286	- 10
+ 55	123	log $J_z = 1.967 - 0.2618 F_z$				$E. M. = \pm 0.009$	
		1.31	42.5	41.8	1.621	1.624	- 3
		2.32	23.7	23.3	1.367	1.360	+ 7
		2.82	17.0	16.7	1.223	1.228	- 5
+ 60	123	log $J_z = 1.922 - 0.2709 F_z$				$E. M. = \pm 0.017$	
		1.31	37.1	36.6	1.563	1.567	- 4
		2.33	20.5	20.2	1.305	1.291	+ 14
		2.82	14.3	14.1	1.149	1.158	- 9

Déduction des coefficients de transmission.

Dans le calcul de la transmission atmosphérique déterminée d'après les mesures d'intensité pour diverses hauteurs du soleil au-dessus de l'horizon, je me suis servi de la formule d'absorption de BOUGUER-POUILLET

$$J_z = Jp^{F_z}$$

Ici J_z désigne l'intensité au lieu d'observation, pour la distance zénithale apparente z , tandis que J représente la valeur du rayonnement à la limite de l'atmosphère. F_z est la masse atmosphérique, traversée par le rayonnement pour la distance zénithale z . Cette masse atmosphérique est exprimée en unités correspondant à la masse atmosphérique de $Z=0$; p est le coefficient de transmission. Ceci représente ainsi la fraction de l'intensité initiale qui reste après le passage du rayonnement depuis la limite de l'atmosphère au lieu d'observation, dans le sens vertical. En partant des mesures d'intensité à diverses distances zénithales, on peut évidemment déterminer les deux grandeurs J et p . La formule n'est rigoureusement valable que pour un rayonnement homogène.

Ensuite, d'après ces relations on a émis l'hypothèse que l'atmosphère est composée de couches régulières infiniment minces, concentriques à la surface terrestre. La transmission spécifique est considérée comme constante pour chaque couche, mais elle est toutefois variable d'une couche à l'autre.

On suppose en outre que, pendant la durée d'une série des déterminations, il n'y a aucun changement dans les conditions atmosphériques.

La condition concernant le rayonnement homogène n'est pas rigoureusement satisfaite dans ces mesures. Le bolomètre occupe dans le spectre un angle d'environ $1'.5$ correspondant à environ 0.002μ dans la partie violette et à environ 0.1μ dans la partie infrarouge. La fente a occupé pour la partie infrarouge et visible, c.-à.-d. les courbes α , β' et

β'' , de 0'.45 à 1'.83 et pour les parties extrêmes, β et β''' , l'angle occupé est environ 1'.7 et 4'.1 resp.

Pour la plus grande partie du spectre le bolomètre + la fente occupe une si petite région spectrale, qu'on peut sans erreur notable considérer que les coefficients de transmission obtenus sont valables pour la longueur d'onde de la zone médiane occupée par le bolomètre.

L'hypothèse de la subdivision de l'atmosphère en couches régulières n'est satisfaite naturellement que dans des conditions météorologiques extrêmement favorables. Par suite des conditions locales on ne peut s'attendre à ce que les différentes couches soient complètement homogènes pour de grandes distances au-dessus de la surface terrestre. Mais c'est évident que cet écart de l'état idéal se fait surtout valoir pour de très grandes distances zénithales.

De même l'hypothèse d'un état atmosphérique parfaitement constant pendant le cours d'une série d'observations, ne correspond pas toujours à la réalité. En effet des modifications dans le degré de transparence atmosphérique peuvent souvent se produire au cours d'une journée, par suite de la variation de la densité de la couche diffusante, de la teneur en vapeur d'eau et de même par suite des courants produits par l'échauffement inégal des différentes couches. De ce fait il peut parfaitement arriver que les mesures faites pendant les heures du matin donnent pour les coefficients de transmission des chiffres passablement différents de ceux trouvés au cours des observations faites vers midi ou le soir. Remarquons enfin que les valeurs F_z , ne sont valables que pour un état idéal de l'atmosphère. Pour cette raison, elles peuvent en différer d'une manière notable, surtout dans le cas de très grandes distances zénithales.

Il en résulte que la simple formule de BOUGUER-POUILLET, appliquée aux séries d'observations s'étendant dans un intervalle comprenant de grandes distances zénithales ne peut donner une représentation tout-à-fait exacte des observations que dans des cas très rares. Ceci est surtout frappant pour les observations à des distances zénithales plus grandes que 80°; ces dernières ont donc un emploi très restreint quand il s'agit de déterminer la transparence spécifique de l'atmosphère.

Dans le tableau précédent nous avons exprimé la formule d'absorption pour chaque longueur d'onde sous la forme linéaire, qui est plus commode pour les calculs:

$$\log J_z = \log J + F_z \log p.$$

Les constantes $\log J$ et $\log p$ ont été déterminées d'après la méthode des moindres carrées, et à l'aide des écarts des nombres observés et calculés j'ai calculé l'erreur moyenne pour chaque série d'observation. Les valeurs de J obtenues ne représentent cependant pas exactement la distribution de l'énergie à la limite de l'atmosphère. Les valeurs mentionnées de J_s sont celles qui ont été directement mesurées, c'est-à-dire on obtient ainsi l'intensité après la réflexion sur les miroirs et après le passage à travers le prisme. Pour ramener à la vraie distribution de l'énergie, il faut ainsi ajouter un facteur variable avec la longueur d'onde, qui représente la perte de la radiation par réflexion sur les miroirs et par l'absorption au passage à travers l'appareil spectral.

C'est évident que ces valeurs des erreurs moyennes ne donnent toujours une représentation exacte du degré de certitude des mesures; car des erreurs provenant de la variabilité des conditions atmosphériques pendant une série d'observations peuvent s'élever à des quantités notables.

En comparant les diverses séries d'observations on trouvera que les observations sont en général bien exprimées par la formule linéaire. La série de 22 avril p. m. a cependant donné des nombres plus élevés des erreurs moyennes que les autres séries. Ceci peut s'expliquer par ce fait que les observations se sont étendues jusqu'à une distance zénithale plus considérable que pendant les autres jours d'observation.

Un résumé des coefficients de transmission calculés d'après les 10 séries d'observations effectuées au cours des mois d'avril, mai, juin et juillet est donné dans le tableau 6. Pour les cas où les déterminations sont faites à deux largeurs différentes de la fente j'ai introduit dans le tableau la moyenne des valeurs obtenues.

Il ressort de ce tableau que, d'une manière générale, la transmission décroît à mesure que la longueur d'onde diminue. Les valeurs calculées pour la partie extrême de l'infrarouge sont plus incertaines et font aussi souvent exception à la règle générale. Ceci résulte certainement de l'influence de la forte absorption sélective, qui est très marquée pour ces longueurs d'onde. Les mesures sont faites, il est vrai, aux sommets des courbes de l'énergie; mais comme nous avons démontré, le bolomètre occupe dans cette région spectrale une zone assez conséquente et ainsi la condition d'un rayonnement homogène n'est satisfaite qu'à un plus faible degré pour la partie infrarouge du spectre que pour le spectre visible.

Tableau 6.

Résumé des coefficients de transmission.

Dist. à la raie A	Longueur d'onde en μ	1912 Avril			Mai	Juin		Juillet				Valeur Moy- enne, Ex- clusion faite de Juillet 14
		21 p. m.	22 a. m.	22 p. m.	7 a. m.	2 p. m.	11 p. m.	6 a. m.	7 p. m.	8 p. m.	14 p. m.	
— 80	3.56	0.923	0.912	0.940	0.909	0.902	0.895	0.912	0.904	0.868	0.835	0.907
— 60	2.07	.975	.867	.954	.929	.924	—	.967	.902	.893	.835	.920
— 52	1.62	.968	.910	.962	.928	.944	.961	.958	.903	.921	.825	.939
— 40	1.24	.935	.928	.945	.959	.907	.935	.893	.856	.877	.727	.915
— 32	1.075	.939	.919	.940	—	.916	.946	—	.851	.868	.717	.911
— 29	1.040	.942	.940	.945	.962	.919	.950	.882	.859	.867	.694	.918
— 16.5	0.885	.930	.915	.939	.950	.910	.954	.858	.838	.862	.666	.906
— 12	.842	.917	.900	.929	.922	.892	.937	.844	.827	.846	.649	.890
— 6.5	.810	.907	.891	.920	.921	.884	.928	.829	.809	.842	.628	.881
— 3.5	.780	.902	.889	.924	.928	.880	.935	.832	.806	.836	.631	.881
+ 2	.748	.893	.893	.910	.939	.875	.923	.819	.797	.825	.631	.875
+ 10	.707	.873	.884	.900	.924	.860	.899	.808	.775	.796	.610	.858
+ 17	.678	.874	.878	.890	.927	.855	.907	.787	.775	.802	.612	.855
+ 20	.666	.860	.857	.880	.933	.849	.905	.779	.764	.780	.594	.845
+ 25	.648	.850	.825	.862	.904	.847	.886	.773	.744	.757	.577	.828
+ 30	.632	.836	.818	.844	.888	.833	.883	.767	.723	.746	.571	.815
+ 35	.616	.830	.812	.850	.880	.834	.875	.765	.717	.744	.563	.812
+ 40	.601	.817	.801	.838	.853	.819	.866	.751	.708	.729	.550	.798
+ 45	.587	.822	.792	.835	.836	.819	.866	.733	.707	.721	.543	.792
+ 50	.575	.808	.784	.820	.836	.799	.851	.730	.693	.703	.536	.780
+ 55	.563	.809	.787	.829	.836	.806	.866	.728	.685	.720	.547	.785
+ 60	.552	.796	.788	.826	.833	.796	.861	.730	.685	.707	.536	.780
+ 65	.541	.791	.801	.821	.821	.793	.862	.723	.680	.711	—	.778
+ 70	.531	.778	.764	.812	.825	.776	.836	.721	.673	.699	—	.765
+ 75	.521	.783	.769	.810	.826	.761	.838	.707	.672	.704	—	.763
+ 80	.512	.779	.774	.801	.820	.763	.827	.704	.673	.680	—	.757
+ 85	.503	.778	.780	.798	.816	.756	.822	.698	.670	.677	—	.754
+ 90	.496	.775	.773	.795	.805	.751	.812	.688	.658	.665	—	.747
+ 100	.483	.764	.751	.790	.811	.749	.818	.694	.644	.662	—	.743
+ 105	.476	.758	.745	—	.802	.736	.806	.684	.644	.656	—	.728
+ 110	.469	.755	.747	—	.808	—	.801	.684	.641	.645	—	.725
+ 115	.462	—	—	—	.786	—	.783	.663	.640	.639	—	—
+ 120	.456	—	—	—	—	—	—	.671	.630	.642	—	—

En comparant les différentes séries d'observations nous voyons que la transparence pour les diverses radiations a été à peu près la même pour les jours d'avril, mai et juin. Habituellement, les observations du matin et de l'après-midi ont été considérées séparément. Pour le 22 avril la transmission obtenue d'après les observations de la matinée semble avoir été plus faible que celle observée l'après-midi.

De ces 6 séries d'observations le 7 mai et le 11 juin ont donné les valeurs les plus fortes et à peu près conformes. Il est intéressant de les comparer à celles déterminées par la formule théorique.

Tableau 7.

Longueur d'onde en μ	Washington		Valeur calculée	Upsala		
	Moyenne observée 1907	Février 15 1907		Mai 7 1912	Juin. 11 1912	Moyenne 1912
1.0	0.90	0.96	0.99	0.96	0.95	0.92
0.8	0.87	0.94	0.98	0.92	0.93	0.88
0.7	0.84	0.90	0.96	0.92	0.90	0.86
0.6	0.76	0.87	0.94	0.85	0.87	0.80
0.5	0.70	0.84	0.87	0.82	0.82	0.75
0.4	0.55	0.72	0.71	—	—	—

En considérant uniquement la diffraction moléculaire, SCHUSTER¹ a calculé, comme nous avons fait remarquer, les coefficients de transmission pour différentes longueurs d'onde. Les valeurs obtenues pour un lieu situé au niveau de la mer sont celles qui sont introduites dans le tableau 7 colonne 4. Les colonnes 2 et 3 donnent, en outre, les valeurs observées par ABBOT pour WASHINGTON, la seconde donnant les valeurs moyennes des observations pendant l'année 1907 et la troisième le résultat d'une série d'observations pour un jour des conditions atmosphériques désignées comme excellentes. Dans les dernières colonnes se trouvent les valeurs des séries du 7 mai et du 11 juin et ensuite les valeurs moyennes des 9 séries, l'exclusion ainsi faite pour la série du 14 juillet.

En comparant ces différentes valeurs observées avec les valeurs calculées on trouve la différence très faible, même pour les petites longueurs d'onde. Il semble ainsi que dans des conditions atmosphériques favorables on peut rapporter la plus grande partie de l'extinction atmosphérique à la diffraction moléculaire aussi pour un lieu d'observation situé au niveau de la mer.

Parmi les observations faites pendant le mois de juillet, celles de 6, 7 et 8 ont donné des valeurs plus faibles que celles d'avril—juin. C'est surtout le cas pour la série du 14 juillet et les chiffres extrêmement faibles font penser à une anomalie des conditions atmosphériques

¹ A. SCHUSTER, loc. cit. p. 97.

de ce jour. Les mesures pyrhéliométriques exécutées ce jour ont aussi donné des valeurs beaucoup plus faibles, environ 22 % moindres que celles des jours précédents à la même hauteur du soleil. Du reste nous pouvons lire dans le journal des observations que si le ciel parût complètement découvert pendant la durée des mesures la lumière du soleil n'était cependant pas aussi éblouissante que dans les conditions normales. Un brouillard sec était surtout visible au coucher du soleil. Aussi dans l'examen du bologramme du 14 juillet, les déviations se montrèrent réduites d'une façon conséquente, surtout pour les plus courtes longueurs d'onde. C'est pourquoi la série de ce jour n'a pu être étendue au-delà de 0.54μ .

Cette anomalie du mois juillet a été signalée dans des lieux différents de l'Europe centrale et en Suède par M. HILDEBRANDSSON¹. D'après ABBOT² elle doit être mise en relation avec l'éruption volcanique de Mt. Katmai en Alaska le 6 juin.

Il m'a paru convenable d'exclure des mesures de la série d'observations du 14 juillet ceci afin d'arriver à une notion plus exacte de la transmission moyenne pour Upsala pendant les journées favorables et médiocres. Dans la dernière colonne du tableau 4 (exclusion faite de la série mentionnée) se trouvent indiquées les valeurs moyennes des coefficients de transmission pour les différentes longueurs d'onde. Ces coefficients donnent ainsi une idée de la transmission pour une situation atmosphérique moyenne, à l'altitude d'Upsala.

Ces coefficients de transmission moyenne sont représentés graphiquement dans le diagramme fig. 5. Les longueurs d'onde y sont reportées en abscisses et les valeurs de p en ordonnées. Comme termes de comparaison sont relevées en pointillé les courbes de transmission correspondantes à Washington, à Potsdam et à Ortava, dont les valeurs peuvent être comparables à la série d'Upsala, puisque ces 4 stations ont une altitude à peu près identique au-dessus du niveau de la mer. Les valeurs obtenues pour Washington sont le résultat de mesures spectrobolométriques, effectuées par ABBOT et FOWLE³; ce sont les moyennes des observations faites pendant 20 jours. Il est expressément indiqué que pendant ces 20 jours le ciel était libre de nuage et

¹ H. H. HILDEBRANDSSON, Met. Zs. 29 p. 442, 1912.

² C. G. ABBOT, The Astrophys. Journ. XXXVII p. 142, 1912.

³ Annals of the Astroph. Obs. of the Smith's Inst. Vol. II p. 110—113.



que, pendant la durée des observations, il est resté à peu près de même transparence: mais aussi d'autre part que des différences assez notables se produisaient entre les diverses journées.

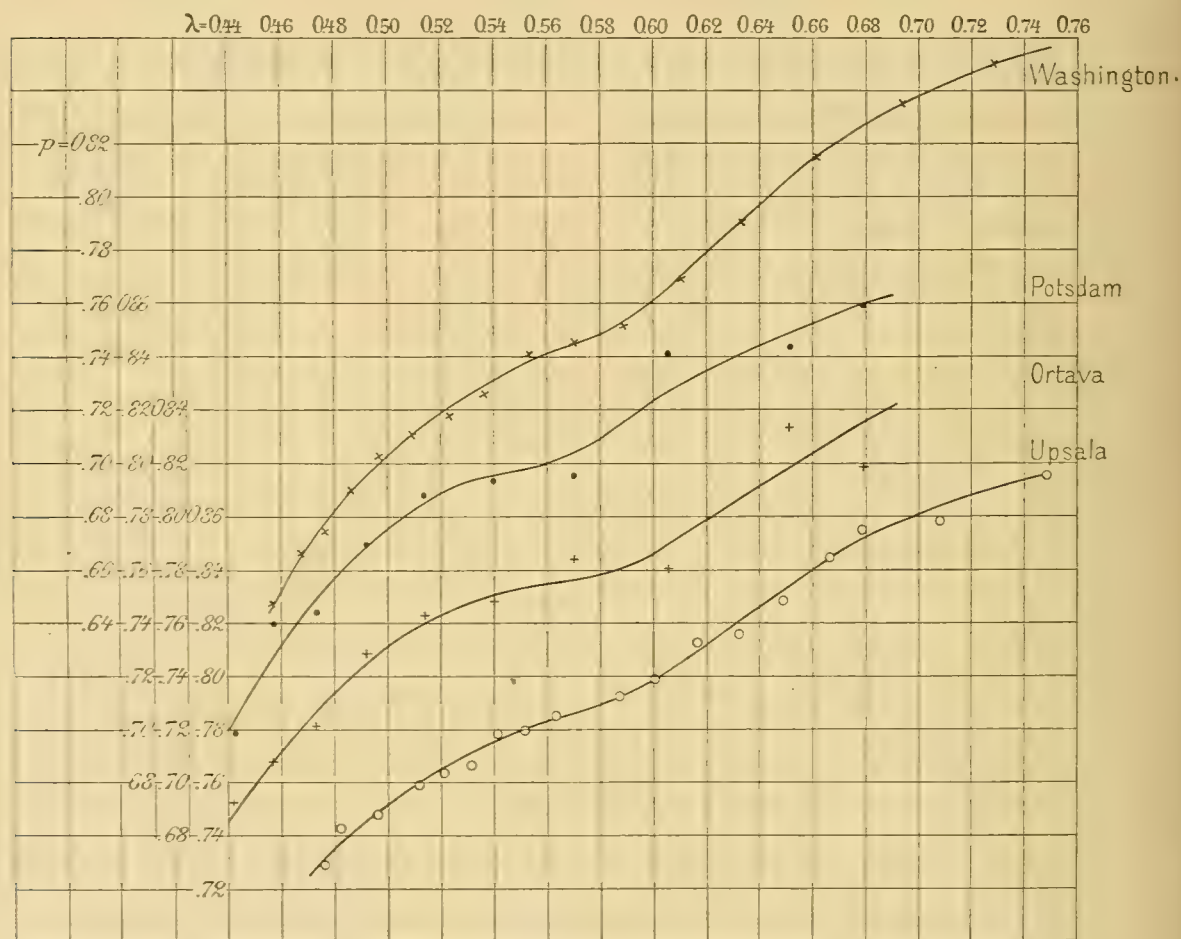


Fig. 5.

La série de Potsdam est donnée par MÜLLER¹ et est obtenue au moyen de séries de mesures spectrophotométriques effectuées pendant quelques journées au cours de l'automne et de l'hiver 1909. Pendant la durée de ces expériences, la situation atmosphérique est désignée comme ayant été assez bonne. Ces valeurs sont les moyennes de 5

¹ G. MÜLLER: Publikationen des Astrophys. Observat. zu Potsdam. No. 64 p. 74, 1912.

séries d'observations, parmi lesquelles une est faite pendant la nuit à l'aide de la lumière réfléchiée par la lune, qui semble avoir été employée ici pour la première fois, dans la détermination de la transmission atmosphérique. La série d'Ortava est également donnée par MÜLLER¹, et obtenue à l'aide d'observations spectrophotométriques faites en avril et mai 1910 à Ténériffe.

Le diagramme montre, pour toutes les courbes de transmission, une allure particulière, qui semble due à une absorption sélective d'origine atmosphérique. Ce caractère démontré d'abord par SCHUSTER² pour les valeurs d'ABBOT a ensuite été étudié d'une façon approfondie par MÜLLER³. Ces valeurs montrent ainsi que nous le remarquons pour les courbes de Potsdam et d'Ortava, une inflexion dans la partie médiane du spectre (pour les longueurs d'onde d'environ $0.56-0.57 \mu$). La série indiquée par moi, donne de même une allure semblable. Les valeurs de la partie médiane du spectre paraissent en effet présenter une variation beaucoup plus lente que les autres parties du spectre. Cette allure des valeurs se remarquant d'une façon si constante dans toutes les séries d'observations, effectuées dans plusieurs stations, à 6 altitudes différentes au-dessus du niveau de la mer (jusqu'à 3260 m.) il semble fondé d'admettre que nous nous trouvons en présence de l'influence d'une absorption sélective d'origine atmosphérique. A quelle partie de la masse atmosphérique il faut attribuer cette influence sélective sur les rayons verts est encore une question ouverte.

MÜLLER⁵ arrive à la conclusion qu'il ne peut être question de la vapeur d'eau, puis il émet l'hypothèse, que l'ozone ou un autre gaz permanent de l'atmosphère joue un rôle encore inexpliqué dans cette absorption. Cependant, en ce qui concerne l'ozone, il ne nous paraît guère possible de pouvoir lui attribuer une telle importance. Comme K. ÅNGSTRÖM⁴ l'a déjà démontré, l'ozone possède une bande d'absorption caractéristique dans l'infrarouge à 4.8μ . L'étude de cette bande, faite ici à différentes saisons, semble avoir donné nettement les résultats suivants: Cette bande d'ozone subit une variation régulière, de telle sorte que l'absorption semble atteindre un maximum pendant

¹ Transactions of the International Union for Co-operation in Solar Research III p. 55.

² G. MÜLLER: Publikationen des Astrophys. Observat. zu Potsdam No. 64 p. 74, 1912.

³ MÜLLER, loc. cit. p. 75.

⁴ K. ÅNGSTRÖM: Arkiv för Mat., Astr. och Fysik I p. 347 et 395, 1904.

les mois d'hiver et décroît en mai pour devenir minimum pendant les mois de juin, juillet et août. Pendant les mois d'été, la bande peut disparaître même complètement, ce qui indique une quantité extrêmement restreinte pendant ce même temps. D'après l'hypothèse de MÜLLER on devrait donc s'attendre à rencontrer une variation analogue dans l'absorption sélective du vert, ce qui n'est nullement confirmé par nos observations.

APPENDICE

(EXTRAIT DU JOURNAL D'OBSERVATIONS)

Jour		Bologramme	Heures	Dist. zénithale	F_z
1912	Avril 21	N:o 205	9 ^h 54 ^m -10 ^h 20 ^m	52°30'-50°46'	1.64-1.58
		206	12.17-12.53	48°21'-49°30'	1.50-1.54
		207	1.53- 2.26	53°20'-56°13'	1.67-1.79
		208	4.17- 4.47	68°22'-72°12'	2.69-3.24
		209	5.21- 6. 1	76°17'-81°12'	4.16-6.30
	Avril 22	210	7.22- 7.54	67°50'-64° 5'	2.64-2.28
		211	10.26-10.57	50° 3'-48°37'	1.56-1.51
		212	11.53-12.22	47°43'-48° 8'	1.48-1.50
		213	1.28- 2. 0	51°11'-53°35'	1.60-1.69
		214	2.52- 3.24	58°26'-61°55'	1.91-2.12
		215	4.46- 5.18	71°43'-75°45'	3.17-4.00
		216	5.55- 6.23	80°24'-83°55'	5.82-8.77
	Mai 7	226	6.33- 7. 7	69°45'-65°29'	2.87-2.40
		227	8. 3- 8.35	58°43'-55° 6'	1.92-1.74
		228	9.28- 9.58	49°49'-47°22'	1.54-1.47
	Juin 2	232	11.48-12.13	37°40'-37°57'	1.26-1.26
		233	1.49- 2.19	43°21'-46° 8'	1.38-1.44
		234	4.32- 4.59	61°35'-64°58'	2.10-2.36
		235	6.12- 6.31	74° 7'-76°19'	3.61-4.15
	Juin 11	238	1. 1- 1.31	38°54'-40°55'	1.28-1.32
		239	4.49- 5.16	62°35'-66° 8'	2.16-2.46
		240	5.48- 6.14	70° 5'-73°10'	2.91-3.41
		249	6.28- 7. 3	66°15'-61°58'	2.47-2.12
	Juillet 6	250	7.36- 8.11	57°45'-53°31'	1.87-1.68
		251	8.43- 9.19	49°45'-46° 0'	1.55-1.44
		252	11.58-12.30	37° 7'-37°38'	1.25-1.26
		258	11.33-12.10	37°18'-37°17'	1.26-1.26
	Juillet 7	259	1.19- 1.53	40° 0'-42°32'	1.30-1.35
		260	3.46- 4.23	54°35'-59°18'	1.73-1.95
		261	5. 2- 5.40	64° 2'-68°50'	2.27-2.75
		262	6.10- 6.40	72°30'-76° 0'	3.30-4.07
		266	12.19-12.57	37°28'-38°57'	1.26-1.28
	Juillet 8	267	1.56- 2.34	43° 0'-46°40'	1.37-1.45
		268	3.54- 4.33	55°40'-60°35'	1.77-2.03
		269	5. 5- 5.35	64°34'-68°22'	2.32-2.70
		269'	5.40- 6. 9	68°56'-72°30'	2.76-3.30
		270	12.44- 1.27	39° 2'-41°23'	1.29-1.33
	Juillet 14	271	2.10- 2.42	45° 0'-48° 8'	1.41-1.49
		272	4.33- 5.15	61° 5'-66°17'	2.06-2.48
		272'	5.19- 5.41	66°55'-69°38'	2.54-2.85

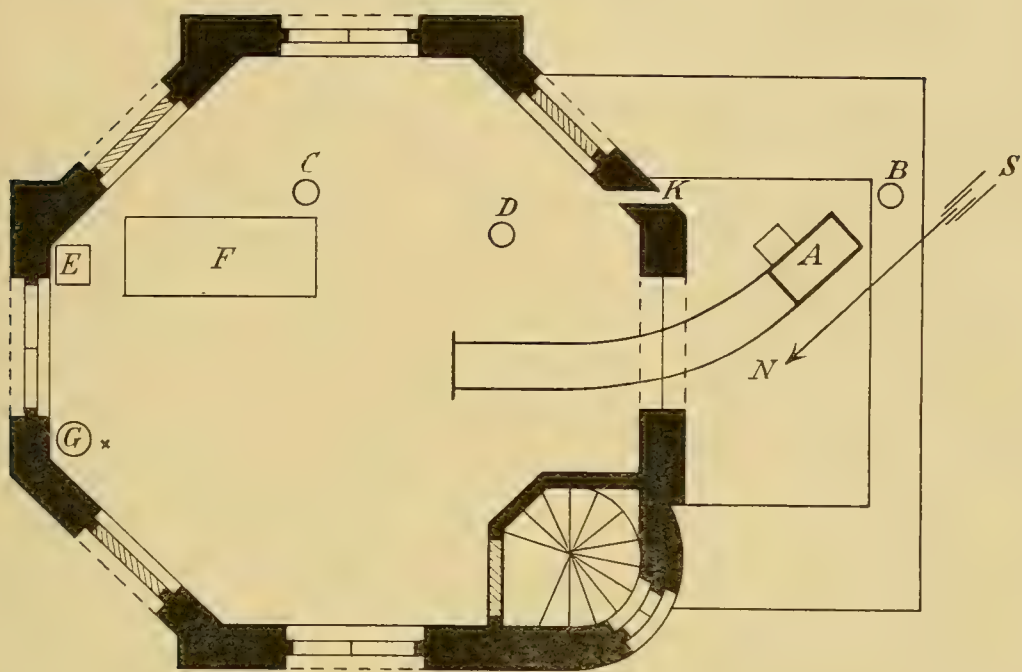


Planche 1.

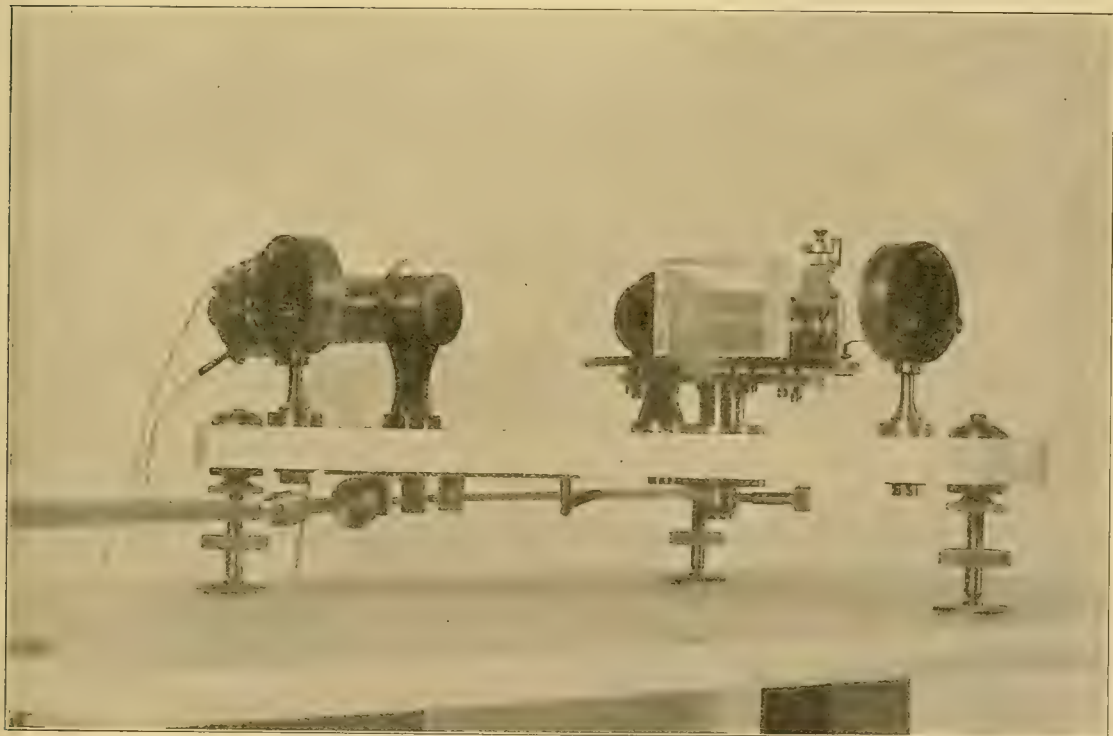
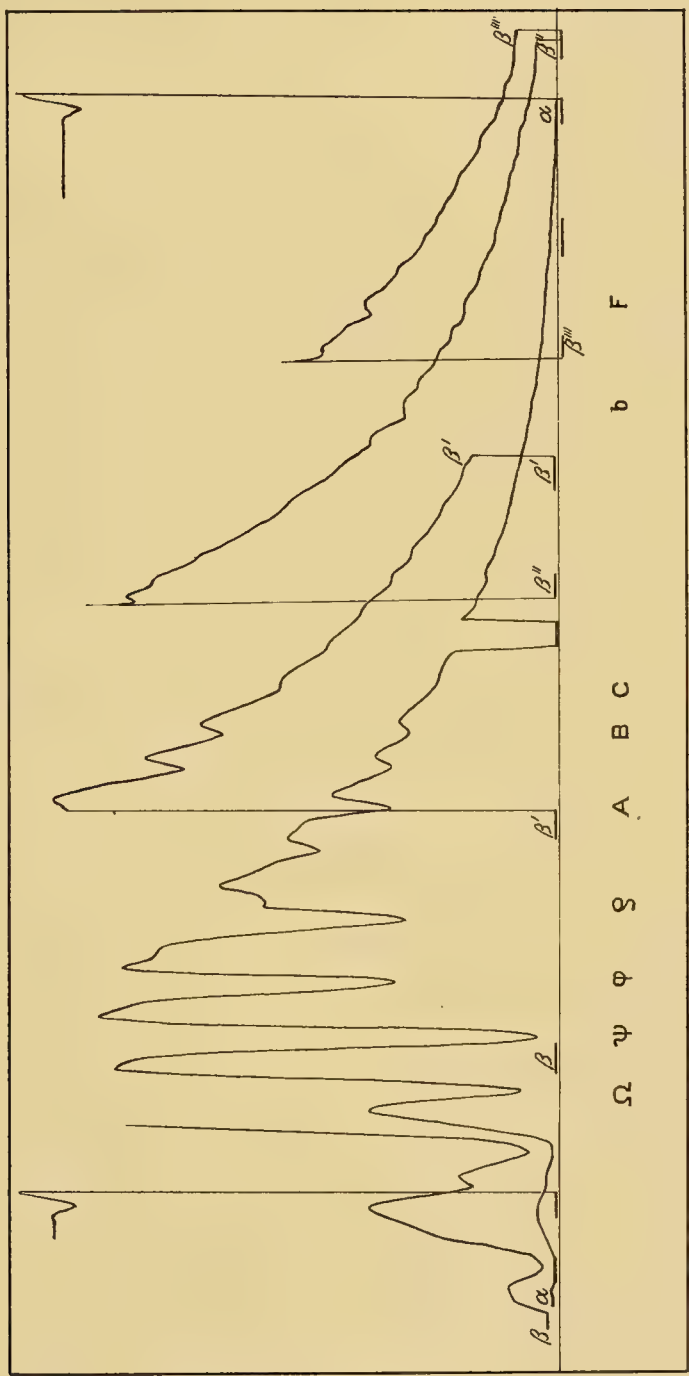


Planche 2.

Planche 3.



Bologramme du spectre solaire
N^o 251 Juillet 6. 1912.

NOVA ACTA REGLÆ SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. 3. N. 7.

L'EXPÉDITION FRANCO-SUÉDOISE
DE SONDAGES AÉRIENS A KIRUNA
1907, 1908 ET 1909

PAR

H. MAURICE

AVEC UNE INTRODUCTION DE H. H. HILDEBRANDSSON.

(PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES D'UPSALA LE 7 MARS 1913.)

UPSALA

LIBRAIRIE: A.-B. AKADEMISKA BOKHANDELN

1913.

UPSALA
IMPRIMERIE EDV. BERLING
1913.

L'Expédition franco-suédoise de Sondages aériens à Kiruna 1907, 1908 et 1909.

Introduction.

Les expéditions organisées en 1905, 1906 et 1907 par M. TEISSERENC DE BORT, en partie avec la collaboration de M. ROTCH, et destinées à étudier par sondages aériens les hautes régions de l'atmosphère au-dessus de l'Atlantique entre les Açores, au nord, et l'Ascension, au sud de l'équateur, ont conduit, entre autres, à un résultat inattendu.

En général, il y a décroissance de la température avec la hauteur. Cependant, surtout dans les couches inférieures, on trouve souvent des inversions, phénomènes bien connus depuis longtemps; mais, au fur et à mesure que l'humidité diminue avec la hauteur, la décroissance de la température augmente, et la partie de l'atmosphère comprise entre 6 et 11 kilomètres paraît présenter surtout la décroissance adiabatique; les inversions y sont rares, l'état hygrométrique faible et les nuages peu abondants.

On pourrait donc s'attendre, en constatant que l'air devient de plus en plus sec, à ce que la décroissance de la température, qui atteint souvent 0°9 à ces hauteurs, continue à être très grande. Mais M. TEISSERENC DE BORT a fait la découverte remarquable qu'à une certaine hauteur, cette décroissance devient à peu près nulle. A une altitude variable avec la situation atmosphérique (de 8 à 12 Km.), commence une zone caractérisée par une température presque cons-

tante¹. Cette zone que l'on n'a pas encore pu traverser, s'appelle *zone isotherme* ou *stratosphère*. A l'origine de cette zone, après l'arrêt de décroissance de température, il y a, comme l'a signalé M. ASSMANN, une hausse sensible du thermomètre.

La zone isotherme nous fournit indirectement des renseignements précis sur la limite des phénomènes tourbillonnaires de l'atmosphère, cyclones et anticyclones. «L'atmosphère, à ces grandes hauteurs», dit M. TEISSERENC DE BORT, «paraît formé d'une sorte de *feuilleté* de couches superposées, qui se révèlent par les petites différences de température de sens varié visibles sur les courbes et par les variations dans la vitesse et la direction des mouvements de l'air, que les visées des ballons, faites du sol, permettent de reconnaître».

Les observations plus récentes, exécutées en presque tous les pays d'Europe et d'Amérique, (en première ligne celles de M. ASSMANN) ont confirmé ces résultats si importants pour la météorologie dynamique.

Cependant, dans les expéditions maritimes ci-dessus mentionnées, on trouva que cette zone isotherme était située à des hauteurs d'autant plus grandes qu'on s'approchait davantage de l'équateur. Sous le régime des vents d'est équatoriaux, elle n'existe pas sur l'Atlantique aux hauteurs les plus grandes que l'on ait pu atteindre. La température décroît continuellement et on a trouvé les plus grands froids observés dans l'air libre (plus de -80°). Ce résultat fut confirmé en 1908, par les sondages faits par M. BERSON sur le grand lac Victoria-Nyanza, où on a trouvé -84° à la plus grande hauteur atteinte par l'expédition. Il y trouva cependant la stratosphère à la hauteur très grande de 17—19 Km.

Cette anomalie inattendue, rencontrée auprès de l'équateur, fut la cause première qui nous amena à organiser les travaux dont les résultats sont exposés dans ce mémoire. En effet, il était évidemment du plus grand intérêt d'étudier les régions les plus hautes de l'atmosphère aussi près du pôle que possible. Des sondages sur l'Océan Glacial, aux environs du Spitzberg, auraient été rendus très difficiles par les brumes presque continuelles de ces parages. Dans une lettre

¹ Communication à la Société de physique du 16 juin 1899 et Rapport sur les observations faites par 236 ballons-sondes ayant dépassé l'altitude de 11 Km. dans les Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences du 28 avril 1902.

du 9 octobre 1906, M. TEISSERENC DE BORT m'informait qu'il désirait faire lancer quelques ballons-sondes aux îles Lofoden, sur la côte nord-ouest de Norvège, espérant que quelques instruments seraient retrouvés en Suède. Après un échange de lettres, nous avons décidé de fonder en commun une *station Franco-Suédoise à Kiruna*, où l'on pourrait étudier par ballons-sondes les variations des éléments météorologiques à différentes hauteurs. Les expériences auraient été très difficiles à faire, surtout en hiver, aux îles Lofoden, où l'on se serait trouvé sans ressources, tandis qu'on peut arriver en tout temps par chemin de fer à la ville minière de Kiruna, y trouver des hôtels, des aides instruits en cas de besoin et un emplacement excellent. Kiruna est situé en Laponie suédoise, au nord du cercle polaire, à une latitude d'environ 68° nord.

Finalement, nous décidâmes de commencer les travaux en mars 1907.

Je réussis à me procurer la contribution de la Suède, 7,000 couronnes, par souscription privée. M. IVAR WÆRN, négociant à Göteborg donna 5,000 couronnes et M. le Docteur GUSTAVE EKMAN, un des directeurs de la maison *D. Carnegie & C^{ie}* de la même ville, nous en fit donner 2,000 par cette société. Le directeur de la compagnie des mines de *Luossavaara-Kirunavaara*, à Kiruna, M. le Docteur HJALMAR LUNDBOHM, fit accorder à l'expédition le logement et le vivre à Kiruna et mit à notre disposition ceux de ses employés ou ouvriers dont on pourrait avoir besoin pour les travaux. Enfin, le Gouvernement Suédois nous a accordé la franchise de douane pour tout le matériel de l'expédition, ainsi que pour les instruments retrouvés en Finlande et en Norvège.

Les observations ont été exécutées à Kiruna par M. H MAURICE, premier assistant à l'observatoire de Trappes, et M. W. NILSSON, sous-officier de la Marine Royale Suédoise. Tous deux avaient été nos collaborateurs pendant la durée de la Station Franco-Scandinave de sondage aérien à Hald (1902—1903) et avaient faits les observations à bord de l'*Otaria*, pendant les expéditions de M. TEISSERENC DE BORT, dont nous parlons plus haut.

Les lancers eurent lieu en mars 1907 et février—mars 1908. De plus, M. TEISSERENC DE BORT envoya M. MAURICE en août 1909 à Kiruna, pour y lancer encore quelques ballons, afin d'avoir également

des observations en été. A la fin de la campagne de 1908, M. M. MAURICE et NILSSON ont lancé quelques ballons à Göteborg, à peu près à mi-chemin entre Paris et Kiruna.

C'était certainement une tentative hasardeuse que de faire ces lancers de ballons-sondes en Laponie. Kiruna est situé presque dans un désert arctique; tout autour la population est très clairsemée et il y a de vastes étendues tout à fait inhabitées, couvertes de montagnes sauvages, de marais ou de lacs, visitées seulement à de longs intervalles par quelques tribus de Lapons. Comment allait-on retrouver les instruments dans ce pays? Nous aurions été satisfaits de revoir 6 ou 8 instruments, mais le résultat a dépassé de beaucoup nos espérances. Plus de la moitié des instruments étaient revenus peu à peu à la fin de 1911.

Nous avons alors confié à M. MAURICE, la rédaction du mémoire contenant les résultats de nos expériences.

Malheureusement, je suis seul à présenter ce mémoire. Le 2 janvier dernier, TEISSERENC DE BORT a succombé à une longue et pénible maladie. C'était un des météorologistes les plus distingués de notre époque. J'ai perdu en lui un ami de 30 ans qui avait, en même temps, souvent été mon collaborateur. Mais la science fait une perte encore plus sensible; dès sa jeunesse L. TEISSERENC DE BORT s'était dévoué à la météorologie, à qui il a fourni un travail utile et désintéressé, pour lequel il a sacrifié la plus grande partie de sa fortune.

Upsala, février 1913.

H. H. HILDEBRANDSSON.

Comme on vient de le voir, Messieurs H. H. HILDEBRANDSSON et L. TEISSERENC DE BORT avaient décidé de faire quelques lancers de ballons-sondes à Kiruna, petite ville minière, sise au nord du cercle polaire. Au commencement de 1907, Monsieur L. TEISSERENC DE BORT me chargea de l'exécution de ces expériences et de la préparation du matériel nécessaire.

Ces préparatifs et la comparaison des instruments furent faits à l'Observatoire de Météorologie dynamique de Trappes. Pour les lancers eux-mêmes, je fus secondé très utilement par Monsieur W. NILSSON, premier maître de timonerie de la Marine Royale Suédoise, qui avait une grande habitude de ces expériences et qui me fut d'un grand secours, surtout en 1907, où la langue suédoise présentait encore d'assez grandes difficultés pour moi. Toutefois, en 1909, je vins seul pour faire les lancers.

Kiruna se trouve en Laponie suédoise, par $67^{\circ} 50'$ de latitude nord et $17^{\circ} 54'$ de longitude est de Paris. Cette petite ville est située sur le versant nord-est d'une vallée, entre les montagnes de Luossavaara, au nord, et de Kirunavaara, au sud, sur les bords du petit lac, Luossajärvi. L'altitude du lac est réglée à 500 m. au-dessus du niveau de la mer. Nous avons été reçus à Kiruna, avec la plus grande amabilité, par Monsieur HJ. LUNDBOHM, directeur de la Compagnie des mines de Luossavaara-Kirunavaara, et par le personnel de cette compagnie. Monsieur LUNDBOHM a mis à notre disposition tout le personnel, tout le matériel et tous les locaux dont nous pourrions avoir besoin; en outre, nous avons été gratuitement très bien logés et nourris à l'hôtel de la Compagnie.

Matériel et méthodes de lancement.

Tous les lancers ont été faits avec des ballons de caoutchouc d'assez grand diamètre, gonflés à l'hydrogène. Le gaz employé était de l'hydrogène électrolytique en tubes, fourni par une maison française, pour les lancers de 1907 et une partie de ceux de 1908, par une maison suédoise, pour le reste.

Les enregistreurs étaient tous du petit modèle créé par Monsieur L. TEISSERENC DE BORT pour ballons-sondes, tels qu'ils ont été présentés à la réunion de la Commission Internationale d'Aérostation Scientifique à Saint-Petersbourg en 1904. Ces enregistreurs sont d'ailleurs d'un usage courant dans plusieurs établissements scientifiques et ont été déjà décrits plusieurs fois¹.

Tous les instruments étaient munis d'un thermomètre et d'un baromètre, la plupart portaient également un hygromètre, mais beaucoup des diagrammes de l'humidité sont inutilisables; nous donnons les résultats de ceux que l'on a pu dépouiller.

Pour les ascensions, nous avons préparé les instruments suivant les méthodes en usage à Trappes. Toutefois, nous nous sommes servi de feuilles de cuivre pour l'inscription des diagrammes au lieu de feuilles d'aluminium, prévoyant que certains instruments pourraient rester longtemps exposés aux intempéries.

Tout le matériel, enregistreurs, ballons, gaz et accessoires était déposé dans un magasin de la compagnie des mines de Kiruna. Nous avions également à notre disposition une pièce, dans ce magasin, pour la préparation de nos instruments.

La plus grande difficulté était de retrouver les ballons dans les régions peu peuplées qui entourent Kiruna. Sur le conseil de M. HILDEBRANDSSON, il fut décidé de faire une certaine propagande parmi les populations du nord de la Suède, de la Norvège et de la Finlande. Des articles écrits par lui furent publiés dans les journaux locaux, en particulier dans ceux paraissant en Finlande. Une circulaire en quatre langues (suédois, finlandais et deux dialectes lapons) fut répandue à profusion dans les régions où les ballons pouvaient tomber. Voici le texte de cette circulaire et sa traduction française². M. K. B. WIKLUND, professeur en langues finlandaises, à l'université d'Upsal a eu la bienveillance de nous fournir les traductions en finlandais et en dialectes lapons.

¹ Voir en particulier: Annales du Bureau central météorologique de France, (mémoires) 1887, et Travaux de la Station Franco-Scandinave de Sondages aériens à Hald 1902—03, Viborg 1904.

² Traduction: *Avis au public*.

Dans le courant de cette année, des savants suédois et français feront des recherches scientifiques sur les conditions météorologiques dans les hautes régions de l'atmosphère

Deux figures, représentant le ballon et l'instrument, étaient jointes à ces circulaires.

Une lettre, portant les mêmes textes, était attachée à chaque instrument lancé, placée dans une enveloppe imperméable; enfin, chaque panier portait une plaquette de bois, où était gravé en creux l'adresse de Monsieur HILDEBRANDSSON.

En outre, une grande partie des ballons lancés en 1907 étaient des ballons doubles munis d'un lest; l'un de ces ballons devant servir d'indicateur, suivant le procédé employé dans les lancers faits en mer, le lest remplaçant le flotteur;¹ mais les résultats n'ayant pas été probants, cette méthode a été abandonnée les années suivantes, et les ballons lancés en tandem en 1908 et 1909 n'emportaient pas de lest.

En fait, le nombre des ballons retrouvés a été beaucoup plus grand qu'on ne s'y attendait, car il a été lancé en tout, à Kiruna, 72 ballons et on en a retrouvé 41, soit 57 %.

La plupart de ces ballons sont revenus assez longtemps après leur chute, quelquefois plusieurs années. Un certain nombre ont été retrouvés, comme on le pensait, par des lapons nomades; mais on nous a signalé plusieurs fois que des lapons, voyant tomber un ballon, avaient été très effrayés et s'étaient enfuis; il est possible qu'ils aient laissé ainsi quelques instruments sans les renvoyer, la frayeur les empêchant de revenir sur le lieu de la chute.

A cet effet, des ballons seront lancés à plusieurs reprises de Kiruna en Laponie. Ces ballons emportent des instruments météorologiques enregistreurs, qui se trouvent dans un petit panier ou boîte ayant l'aspect ci-contre. Après la chute (qui peut se produire à plusieurs milles du point de départ) le ballon reste sur le sol, avec son instrument, jusqu'à ce qu'on le trouve. La personne qui les apercevra est invitée à envoyer la boîte de l'instrument, sans l'ouvrir, du bureau de poste le plus proche, à l'adresse ci-dessous, comme envoi recommandé, contre remboursement de 15 couronnes (21 francs environ) et des frais.

Des essais analogues ont été faits en grand nombre à l'étranger et les instruments ont été retrouvés, à quelques exceptions près. Il est à craindre que, dans notre pays peu peuplé, la difficulté de retrouver les ballons soit plus grande, aussi prions-nous tous ceux qui verront un ballon tomber dans les environs, de le rechercher et d'envoyer l'instrument dans les conditions indiquées ci-dessus.

H. H. Hildebrandsson.

Professeur. Upsal.

Janvier 1907.

¹ Voir Cpts. rend. de l'Acad. d. Sc. T. CXLI, p. 492 et Travaux de l'Observatoire de Météorologie dynamique de Trappes. T. IV, p. 44 et suivantes.

Dates et lieux de lancement.

Les lancers ont eu lieu en trois séries:

1^o du 4 mars au 1^{er} avril 1907, avec une interruption du 15 au 22 mars;

2^o du 16 février au 12 mars 1908;

3^o du 17 au 29 août 1909.

En outre, six ballons ont été lancés, du 28 mars au 2 avril 1908, à Göteborg, grand port suédois sur le Cattégat.

En 1907, les ballons ont été, en général, gonflés auprès d'une scierie à vapeur, appartenant à la compagnie de Luossavaara-Kiruna-vaara, au bord du lac, sur la rive sud-ouest (voir le plan Pl. I.). A cet endroit, l'horizon était dégagé et les bâtiments nous protégeaient contre le vent; cependant, quelques ballons ont été gonflés auprès d'un lavoir public, sur la rive nord-est du lac, où ont été mieux protégés des vents des régions nord. Presque tous les ballons ont été lancés une demi-heure à une heure après le lever du soleil.

La plupart de ces ballons ont été visés avec un théodolite, ce qui a permis de déterminer une partie de leur trajectoire.

Nous avons lancé 24 ballons, dont 16 (67 %) ont été retrouvés; un seul n'a pas donné de résultats. Seize des ballons lancés étaient des ballons doubles avec lest; 10 d'entr'eux (62 %) ont été retrouvés; sur les 8 autres ballons, lancés seuls avec parachute, 6, soit 75 %, sont revenus. On voit par là, qu'il n'y a pas avantage à employer les ballons indicateurs.

En 1908, le gonflement de tous les ballons, sauf le premier, a été fait sur le lac même, où un abri provisoire avait été construit sur la glace, par les soins de la compagnie des mines, en un point assez éloigné de tous les obstacles, et en particulier des fils de transport de lumière ou de force, qui sont nombreux à Kiruna.

Cet abri très simple se composait de deux parois verticales se coupant à angle droit en leur milieu, de façon à former quatre coins ouverts dans quatre directions différentes. L'un de ces angles, au moins, était à l'abri du vent régnant et le gonflement pouvait s'y faire en toute sécurité. La plupart des ballons ont été lancés un peu avant le lever du soleil; les jours les plus froids, on a lancé deux ballons,

TILL ALLMÄNHETEN.

Under loppet af innevarande år kommer för vetenskapligt ändamål en undersökning af de högre luftlagrens meteorologiska förhållanden att utföras af svenska och franska vetenskapsmän. Till den ändan komma ballonger att vid olika tillfällen uppsändas från Kiruna i Lappland. Dessa ballonger medföra registrerande meteorologiska instrumenter, hvilka befinna sig i en liten korg eller låda af vidstående utseende.

Efter ballongens nedfallande, stundom flera mil från uppsändningsplatsen, blir den och instrumenten liggande på marken, till dess att de anträffas. Den, som anträffar dem, anmodas att från närmaste postanstalt afsända instrumentlådan *oöppnad*, enligt den på densamma angifna adressen såsom assurerad försändelse mot postförskott af 15 kr. och befördringsafgiften.

Dylika försök hafva i stort antal utförts i ut-

landet och instrumentlådorna hafva med få undantag återfunnits. I vårt glest befolkade land torde svårigheten att anträffa dem vara större, hvarför allmänheten ombedes att, om en ballong ses sänka sig i omgifningen, uppsöka densamma och mot ofvan nämnda ersättning på angifvet sätt återsända instrumentlådan.

H. H. Hildebrandsson.

Professor. Uppsala.

Januari 1907.

Tiedonanto Yleisölle.

Tämän vuoden kuluessa tulawat ruotsalaiset ja ranskalaiset tiedemiehet tutkimaan ylempien ilma-ferrosten laitaa, miltä taholta tuulet puhaltawat siellä ylhäällä, kuinka kylmää on siellä j. n. e. Sitten warten he tulawat useampia kertoja lähettämään ilma-palloja lentämään Kirunasta Tornion Lapisja. Nämä ilmapallot wiewät mukanaan pientä koneita, jotka mittaawat kylmyyden j. n. e. ja jotka owat pienesjä kerisja tai laatikosja, joka on jennuotoinen, kuin kuwa osoittaa.

Kun ilma-pallo on lentänyt niin kauas kuin sen weimat riittävät, joskus menta penikulmaa, niin se putoo alas maahan laatikkoineen ja koneineen. Se joka löytää laatikon, pyydetään täten hywäntahtoisesti wiemään sitä lähimmäiselle postikonttorille, josta se lähetetään perille sille osoitteelle, joka on laatikolle pantu, siijäänkirjoitettuna lähetysjenä wiidentoista (15) frunnu (jefä postimatjun) postietuannilla. Muutamien päiwien perästä hän sitten samalta postikonttorilta saa

nämä 15 frunnu ynnä postimatjun palkaksi waiwaastaan. Mutta silloin hän ei saa wahingoittaa laatikkaa, waan hänen pitää saattaa sitä postille awaamatonna ja wahingoittamatonna. Niillä pienillä koneilla, jotka owat laatikon siijällä, hän ei itje woi tehdä mitään eikä hän niistä woi saada yhtään mitään hintaa, jos hän myy ne kellenelle muulle. Parasta ja edullisinta on siis, että hän wie laatikon postille awaamatta. Ilma-pallen hän itje saa pitää.

Ulkomaisissa ovat tiedemiehet hyvin usein tällä tavalla lennättäneet ilma-palloja koneiden kanssa, ja melkein aina ovat koneet takaikin tulleet. Näillä Pohjan perillä, missä on niin perin vähän ihmisiä,

on paljon vaikeampi löytää nuo koneet. Sentähden pyydetään kaikkia, että he, jos ilma-pallo näkyy laskeutuvan, etäisivät, missä se on maihin tullut, ja toimittaisivat laukon perille sitä

maikua vastaan, josta yllä on ollut puhetta.

H. H. Hildebrandsfon.

Professori Uppsalassa.

Tammituusja w. 1907.

Kulatus.

Tan jaken kallihi muttem fwänskalatji ja frauskalatji lartot älmah ätjätit, maffar tan wäralta wijer lä ällö alemusjan mia äiwi padjelin alme wuolen. Si sittihi tietet, käste piegga pääsjo täppe padjen, man tjäskes lä j. n. w., ja tan tieti si kallihi luoitot luftballongait pajas almai Rirunast Tjäckerafa suofnan. Tah luftballongah läh te kä ftuorra wuosjah, mah hallanhi alme wuolen ja kuoddih wuolenisa unna färjait jala lädait, mai sinne läh unna massinatjah, mah wuosetih, man tjäskes lä täppe padjen. Tah lädah läh tan muutokah, kä fämwa wuoset.

Rä luftballonga lä hallanam näu kuffew kä tat matta,

muttin mädde mila, te tat kattja ätnami taina lädaina. Tat futti kauna tan lädaw, jän kalla tal wiedtjat tan lakamus päästai, ja täste tat rajatuwwa mu lusa. Rä tat lä pätam mu lusa, te jän talaka ädtjo witta nuppe lätkai (15) fruno ietjas waiwe äntäst. Walla talloi jän i ättjoh wahattet lätan jala rappat tan, ainat jän kalla wiedtjat tan päästai taffarin, kä tat lä. Tai unna massinatji kum, mah läh läda sinne, tai kum jän i ietj mateh maitet taffat, ike jän mateh ädtjot maitet tai äntäst, jus jän sitta wuebtet tait käfik. Puoremus lä kalle, atte jän wiedtja tan päästai taffarin, kä tat lä, te jän ädtjo witta nuppe lätkai fruno.

Setjan jän i ättjoh maitet. Luftballongaw jän ietj ädtjo. S jän tan tarpahes päästai wiedtjat.

Ulkorikain läh lartot älmah luoitam ätna taffar luftballongait hallanhi, ja änamusta si läh ädtjom massinait ruopotot. Täppe nuortalantain, fänne älläh näu ätna almatjah, täppe lä kalle wärap kaunat tait massinait. Tan tieti män anow, wai juokkehätj, futti wuoina luftballongaw wuolos pätemin, lului ätjät fäjew, käfäs tat läh luoitatam, ja wiedtjat lädaw päästai, näu kä lä äntäla farnotum.

H. H. Hildebrandsfon.

Professori Uppjala statan.

Ätä jafe manon 1907.

DIEDETÆBME.

Dam jage šaddek muttom ruotalaš ja franskalaš oappam olbmak suoggardet bajeb aibmo-lanjai dilalašvuodaid, bæssam diti diettet, gude guovlost bieggak bottek dobbe bagjen, man galmas læ dobbe j. n. v. Damditi dak šaddek soames have luoittet aibmo-ballongaid girddet Kii-runast Ruota-Sameædnamest. Dai aibmo-ballongai mielddē čuvvuk smavva mašinak, mak mittedek galmasvuota j. n. v. ja læk unna fæddelittača dajhe kassača siste, mi læ dam habmasaš, go govva čajeta.

Go aibmo-ballongga læ girddam nu gukka, go dam famok bistek, muttom in maŋgga mila, de dat gâčča ædnami, oktan kassaines ja mašinaines. Gutte daggar kassa gavdna, son daggo bokte bivdujuvvu læt nu buorre

atte doalvvot dam lagamuš poastakantovrri, gost dat šadda saddijuvvut dam adræssa mielddē, mi læ kassa ala čallujuvvum, rekommanderijuvvum pakkam, vidanubbe lokkai (15) kruvno (ja portomavso) poasta-opkravain [dat læ: poasta sisagaibbeda daid rudaid dobbe, gosa pakka saddijuvvu]. Muttom beivvi gæčest dat olmuš, gutte doalvoi paka posti, dam sæmma poastakantovrast oažžo daid 15 kruvno oktan porto-mavsoin, balkkan vaivestes. Mutto de i oažo billedet kassa, mutto fertte dam doalvvot posti ravastkættai ja billedkættai. Dai smavva mašinaiguim, mak læk kassa siste, dat olmuš ješ i sate maiddege dakkat, ige dai ovdast oažo maiddege haddid, jos nubbai daid vuovdda. Damditi dat læ buoremus, [†]atte son do-

alvvo paka posti ravastkættajen. Aibmo-ballongga son ješ oažžo oabmenes valddet.

Olgo-ædnamin læk oappam olbmak hui davja dam lakkai luoittam aibmo-ballongaid mašinaiiguim, ja gosi alelassi læk mašinak ruoktod boattam. Dabe sami rikast, gost læk nu aibas unnan olbmuk, læ sagga vaddasabbo daid mašinaid gavdnat. Damditi bivdujuvvujek buokak, atte, jos aibmo-ballongga oidnu gâččamen, očašegje, goal gosa dat læ ædnami boatam, ja de dolvušegje kassa posti dam balka ovdast, man birra dast læ muittaluvvum.

H. H. Hildebrandsson.
Professor Uppsalast.

Januar manost 1907.

l'un le matin, dans les conditions habituelles, l'autre le soir, après le coucher du soleil.

Il a été lancé 30 ballons, dont 17 (57 %) ont été retrouvés; tous, sauf celui du 8 mars, ont donné des résultats utilisables.

La proportion des ballons retrouvés est un peu moins bonne que l'année précédente, ce qui doit provenir de ce que, par suite de la situation météorologique un peu différente, les ballons sont tombés en général dans des régions plus proches de Kiruna et moins peuplées que les vallées des rivières Torneâ Elf et Muonio Elf, où ont été retrouvés la plupart des ballons de 1907; il est même probable que certains ballons ont dû tomber dans la mer et dans les parties inaccessibles des Alpes Scandinaves¹.



Lancer d'un ballon sonde à Kiruna.

Pendant le voyage de retour de Kiruna, nous nous sommes arrêtés à Göteborg, sur la côte sud-ouest de Suède, où nous avons lancé 6 ballons. Ces ballons ont été gonflés dans une cour de la brasserie *D. Carnegie et C^{ie}*, grâce à l'autorisation de Monsieur le Dr G. EKMAN, l'un des directeurs de cette maison. Toutefois, un des ballons a été gonflé sur une terrasse de cette même usine, auprès de la lanterne d'un des feux d'alignement pour l'entrée du port de Göteborg.

Tous ces ballons ont été lancés un peu après le coucher du soleil: ils ont tous été retrouvés.

¹ Un ballon a été retrouvé sur les bords de la mer sur la côte nord-ouest de Norvège, un autre sur le littoral de l'Océan Glacial Arctique.

Une dernière série de lancers a été faite à Kiruna, du 17 au 29 août 1909.

J'étais cette fois seul, et n'ai été secondé que par un mécanicien de la station d'électricité de Kiruna, lequel n'avait aucune idée de la manœuvre des ballons.

En outre, par suite de la grève générale qui sévissait en Suède en ce moment, il m'a été impossible de faire transporter le matériel nécessaire aux ascensions et j'ai dû faire tous les gonflements auprès du magasin où était déposé ce matériel. Cet emplacement était assez bien abrité de tous les vents, mais nous étions entourés à petite distance d'un réseau assez serré de fils électriques qui risquaient de détériorer les ballons au moment de leur départ; en outre, il y avait à proximité quelques maisons d'habitation, aussi avons-nous toujours eu autour de nous un grand nombre d'enfants de tout âge, dont la curiosité a quelquefois été gênante, surtout lors des premiers lancers. Malgré cela, tous les départs ont été bons, sauf celui du 24 août, où l'enregistreur heurta d'abord les fils, puis la cheminée de la station d'électricité. Un des premiers ballons est parti sans enregistreur, par suite d'une fausse manœuvre de la personne qui m'aidait.

Tous les ballons ont été lancés après le coucher du soleil, souvent deux par jour, à 15 ou 20 minutes d'intervalle. Il a été ainsi lancé 18 ballons, dont 8 ont été retrouvés (44 %).

La proportion des pertes est donc sensiblement plus forte qu'en hiver, et la plupart des ballons ont été retrouvés longtemps après leur chute. Ceci tient évidemment à ce que, lancés en été, les enregistreurs ont été recouverts par la neige dès le commencement de l'hiver, en septembre, et n'ont pu être retrouvés que l'été suivant. D'autre part, certains ballons ont dû tomber dans des régions à peu près inaccessibles en été (marais, etc.) et, pendus aux arbres ou buissons, n'ont été retrouvés qu'au cours des hivers suivants; ce cas semble même avoir été fréquent, un certain nombre d'instruments nous ayant été retournés en hiver. D'ailleurs en été, les Lapons sont en Norvège, au bord de la mer, et de vastes régions en Laponie suédoise sont complètement inhabitées.

Avant de terminer ce court historique de nos expériences je tiens à adresser ici mes remerciements à tous ceux qui nous ont secondé et en particulier, à Monsieur le Dr LUNDBOHEM, directeur de la

compagnie des mines de Luossavaara-Kirunavaara, et à tout le personnel de cette compagnie qui nous a montré la plus grande amabilité et nous a été du plus grand secours pour notre travail. Il me faut aussi remercier particulièrement Monsieur le D^r EKMAN qui nous a permis de faire nos lancers à Göteborg dans les meilleures conditions possibles.

Résultats.

Indications techniques. Au point de vue technique, ces ascensions ont montré qu'il était facile, avec des ballons de caoutchouc, de faire des lancers de ballons-sondes sans installation spéciales et même sans personnel exercé (c'était le cas en 1909).

D'autre part, le nombre des ballons retrouvés fait voir que, même dans des régions peu peuplées, les lancers peuvent être faits utilement, si la population est civilisée. A ce point de vue, il faut remarquer que, parmi les instruments renvoyés, aucun n'a été endommagé par les personnes qui l'avaient trouvé, ce qui est tout à l'honneur de la population suédoise, car, même en France, il y a des régions d'où les enregistreurs ne reviennent presque jamais intacts. Il y a bien deux ascensions dont les instruments ont été retrouvés et qui n'ont pas donné de résultats, mais la faute en est soit à l'instrument, soit aux éléments. L'un de ces instruments était tombé dans le lac Torne-Träsk et y avait séjourné plus de trois ans (ballon lancé le 8 mars 1908 et retrouvé en septembre 1911).

Les enregistreurs employés se sont montrés robustes et ont fonctionné régulièrement; presque toutes les courbes ont été lisibles, cependant certaines d'entr'elles avaient séjourné trois années en Laponie. L'enregistreur N° 342, lancé le 11 février 1908, a été retrouvé en mars 1911¹ et la courbe, bien que très pâle était encore lisible presque partout. Ce résultat est d'ailleurs dû à l'emploi des feuilles de cuivre, car certaines parties de l'enregistreur, en aluminium, étaient fortement détériorées.

Les mouvements d'horlogerie ont bien fonctionné et il n'y a que deux ascensions où les cylindres se soient arrêtés avant le point maximum.

¹ L'enregistreur N° 324 a été retrouvé en janvier 1912, mais il avait été lancé en août 1909.

Les thermomètres de quelques enregistreurs ont mal fonctionné ou n'ont inscrit qu'une partie de leur courbe, mais il n'y a que les résultats de l'ascension du 13 mars 1907 qui soient réellement mauvais et presque sans valeur.

Toutes les fois où cela a été possible, j'ai comparé au froid les coquilles barométriques employées, mais certaines ont été perdues ou détruites, et pour celles-là je n'ai rien pu faire. Cependant, il faut remarquer qu'elles fournissent pourtant des renseignements utilisables, car, dans les cas extrêmes, l'erreur provenant de ce que l'on n'a pas tenu compte de cette correction de température ne dépasse pas, pour les coquilles employées, 700 mètres à 11,000 mètres (altitude de la stratosphère), soit un peu plus de 6 %. Monsieur HERGESELL a montré que les altitudes ainsi obtenues sont toujours trop petites.

Altitudes et températures atteintes. Les altitudes maxima atteintes sont:

à Kiruna: 22,240 m. le 29 mars 1907,
22,760 m. le 24 février 1908,
18,850 m. le 19 août 1909;

à Göteborg: 20,450 m. le 31 mars 1908.

Parmi les ballons lancés à Kiruna et retrouvés, (41 en tout) 13 ont atteint l'altitude de 18,000 m., (5 en 1907, 6 en 1908 et 2 en 1909), et 19 ont dépassé 15,000 m. Tous ont dépassé 9,700 m.

Les températures les plus basses observées sont:

à Kiruna: —69°8 à 10,400 m. le 14 mars 1907,
—75°6 à 11,110 m. le 18 février 1908,
—62°9 à 12,800 m. le 19 août 1909;
à Göteborg: —58°7 à 11,850 m. le 29 mars 1908.

Ballons lancés à Göteborg. Les ballons lancés à Göteborg sont trop peu nombreux pour que l'on puisse en tirer des conclusions bien certaines, cependant ils montrent à l'évidence que les lois qui régissent la répartition de la température dans la haute atmosphère s'appliquent au sud de la Suède. En particulier, l'altitude de la stratosphère varie de la même manière, suivant la situation météorologique, à la latitude de Göteborg que dans les parties plus méridionales de l'Europe, comme on peut le voir sur le diagramme ci-joint, qui montre les variations de la température dans la verticale à Göte-

borg par fortes pressions, le 29 mars 1908, et par basses pressions, le 31 mars 1908. (Pl. IV).

Dans ce diagramme, comme dans les suivants, les altitudes sont portées en abscisses et les températures en ordonnées; la courbe tracée donne les températures successives aux différentes altitudes, montrant les variations de cet élément.

Lancers faits en hiver. Le caractère du temps à été assez différent pendant les deux séries de lancers faites à Kiruna en hiver.

En 1907, la série a eu lieu au commencement du printemps, la température était relativement douce, et la pression peu élevée en moyenne.

En 1908, au contraire, les lancers furent faits à la fin de l'hiver. La température était en général froide et le baromètre plus élevé; aussi cette série doit-elle présenter le caractère hivernal beaucoup plus net.

Les températures au sol sont beaucoup plus basses en 1908 qu'en 1907, mais la différence s'atténue avec la hauteur. La plupart des ballons lancés en 1908 présentent d'ailleurs une ou plusieurs inversions, quelquefois très grandes¹, dans les régions basses. Il en résulte que, déjà à 5000 m., les différences sont faibles d'une série à l'autre et plus petites que celles que l'on rencontre dans une même série entre des ascensions différentes. Cependant les températures minima atteintes en 1908 sont en général plus basses que celles de 1907, mais il est vrai que la stratosphère se rencontre presque toujours à une altitude plus élevée (voir Pl. V—VII, Pl. II, Pl. III).

Lancers faits en été La série de lancers d'été, en 1909, a été faite pour se rendre compte s'il y avait quelque différence fondamentale entre la fin de l'hiver, période où le sol a été longtemps très froid et couvert de neige, et la fin de l'été, période où le sol a été relativement chaud et où les couches inférieures de l'atmosphère ont été très humides.

Les résultats ne semblent pas indiquer une différence frappante entre l'hiver et l'été dans les hautes régions de l'atmosphère. La stratosphère, il est vrai, est, en général, plus haute et cependant de

¹ Une de ces inversions atteint 16° (—22°,2 à 500 m. et —6°,2 à 1000 m.) le 7 mars 1908 à 5^{h.53} a. m.

température plus élevée en été; les températures minima sont par suite un peu plus chaudes qu'en hiver, mais les variations d'un jour à l'autre sont bien plus importantes que les différences entre les saisons, même celles entre l'hiver froid de 1908 et l'été de 1909. Le gradient moyen vertical de température est d'ailleurs plus fort en été qu'en hiver, ce qui tient en grande partie à ce que les inversions, qui, comme on l'a vu, sont fréquentes et souvent très grandes en hiver, sont beaucoup plus rares en été. D'ailleurs, il semble que, bien que les humidités relatives soient plus fortes auprès du sol en été qu'en hiver, l'atmosphère moyenne (5,000 à 10,000 m.) soit plus sèche en été et, par suite, il est probable que la décroissance doit se rapprocher de l'adiabatisme.

Stratosphère. L'altitude de la stratosphère, comme nous l'avons dit, semble plus élevée en été qu'en hiver, mais les variations de cette altitude dépendent surtout de la situation météorologique. A cet égard, les lois déjà trouvées par les ascensions faites dans les stations de la zone tempérée se trouvent vérifiées intégralement. La stratosphère est plus basse et plus chaude avec les basses pressions qu'avec les hautes pressions, et ces variations sont beaucoup plus importantes que celles qui se produisent d'une saison à l'autre.

Les températures extrêmes observées à la stratosphère ont été:
en août 1909 (été): $-62^{\circ}9$ et $-46^{\circ}1$;
en février 1908 (hiver): $-75^{\circ}6$ et $-51^{\circ}2$.

En mars 1907, on a même observé à la stratosphère une température de $-48^{\circ}3$, très proche de la température la moins froide observée en été. D'autre part, les altitudes de cette couche ont varié de 8,620 m. à 12,800 m. en août 1909 et de 9,300 m. à 11,660 m. en février 1908. L'altitude la plus basse à laquelle la stratosphère a été atteinte est de 8,260 m. en mars 1907 avec une pression au sol de 704 mm. (altitude 500 m.), au sud d'un centre de dépression. On voit par ces nombres que les variations dans une même série de lancers sont bien plus amples que d'une série à l'autre. Les diagrammes (Pl. V et VII) montrent deux exemples très nets de ces différences importantes d'un jour à l'autre et même dans le cours d'une même journée. Le premier montre les variations de la distribution de la température dans la verticale le 26 mars 1907, le second montre le changement survenu entre le 21 et le 22 février 1908.

Couche chaude. Le réchauffement à la stratosphère (couche chaude de Monsieur R. ASSMANN) semble être un peu plus fort en été qu'en hiver, puisqu'il atteint $17^{\circ}1$ le 19 août 1909, alors que dans les ballons d'hiver il ne dépasse jamais $9^{\circ}0$ en 1907 et $7^{\circ}6$ en 1908¹, mais ce jour là (le 19 août 1909) la température de la stratosphère est extrêmement froide ($-62^{\circ}9$); la veille le réchauffement n'est que de $3^{\circ}4$ et la température de la stratosphère au dessus de la couche chaude est à peu près la même les deux jours. Il semble que le phénomène nouveau soit le refroidissement de plus de 10° entre 10,570 m. et 12,800 m., ce qui amène un réchauffement équivalent au-dessus de l'altitude de la température minima. Le lendemain 20 août, la stratosphère est à une altitude et à une température intermédiaire entre celles du 18 et du 19, le réchauffement est aussi plus fort que le 18, mais moindre que le 19 et la température des couches supérieures, au-dessus de la couche chaude, n'a encore pour ainsi dire pas varié. La Pl. VIII ci-contre montre ces différentes variations; nous y avons porté les températures aux différentes altitudes les 18, 19 et 20 août 1909. Il faut aussi remarquer que le 19 août, la stratosphère est très élevée, beaucoup plus élevée que les jours précédent et suivant.

Ce phénomène d'un brusque refroidissement suivi d'un réchauffement d'un jour à l'autre dans la partie la plus basse de la stratosphère, alors que les couches très élevées restent à peu près à température constante, n'est d'ailleurs pas nouveau et a été déjà observé dans les séries de lancers de ballons-sondes faites à Trappes, par Monsieur L. TEISSERENC DE BORT.

Ainsi il semble que pour la couche chaude, comme pour l'altitude et la température absolue de la stratosphère, la situation ait une influence plus grande que la saison.

Cependant il faut remarquer qu'il est arrivé plusieurs fois en hiver que la température minima ne se rencontre pas au bas de la stratosphère. La décroissance s'annule, il y a presque toujours réchauffement, quelquefois fort, puis la température baisse de nouveau, quelquefois jusqu'au point maximum où se produit la température minima; d'autre fois le réchauffement ne se produit pas à la base de la stratosphère mais un peu plus haut. Le commencement de la stra-

¹ Le ballon du 29 mars 1907 montre un réchauffement de $24^{\circ},7$, mais ce réchauffement doit être dû au soleil.

tosphère est alors seulement marqué par une très grande diminution du gradient. Plusieurs fois ce phénomène est seul et il n'y a pas de couche chaude, le gradient vertical de température devient simplement très faible. (Pl. VII diagramme du 21 février 1908). Ces phénomènes n'ont jamais été observés en été, à Kiruna, où la couche chaude existe toujours et est en général assez marquée; c'est là peut-être un caractère saisonnier.

Distance et direction des points de chute. La direction des points de chute des ballons et leur distance semble présenter un caractère général un peu différent suivant les séries de lancers.

En 1907, presque tous les ballons retrouvés sont tombés à des distances assez grandes à l'est de Kiruna, avec cependant une composante tantôt nord tantôt sud souvent importante. Toutefois les ballons lancés dans les jours les plus froids présentent de petites composantes ouest.

En 1908, hiver plus normal, les courants d'ouest supérieurs, bien que dominants, sont moins réguliers et sans doute moins rapides; aussi les points de chute sont-ils plus dispersés et surtout situés à des distances moins grandes du lieu de lancer. Un ballon a même été trouvé tout près de Kiruna (le point exact de chute n'est pas connu) et est cependant monté à plus de 10,000 m.

En été, tous les ballons sont tombés entre le nord et l'est de Kiruna et à des distances relativement faibles (60 à 130 kilomètres). Quatre sur huit ont été retrouvés aux environs du même village, Öfre Soppero, et sans doute assez près de ce village, qui est situé à 68 kilomètres au nord 65° est de Kiruna.

Ces différences entre les caractères généraux de chaque série en ce qui concerne les points de chute pourraient peut-être s'expliquer par les situations météorologiques assez différentes pour chaque série.

En mars 1907, on a eu, en général, un centre de dépression au nord de Kiruna avec les hautes pressions sur l'est et le centre de l'Europe. En février 1908, les fortes pressions étaient plus nord et les dépressions passaient plutôt sur le sud de la Scandinavie (voir Pl. II et III). En août 1909, les dépressions ont été en général à l'ouest et les fortes pressions à l'est de Kiruna, mais les gradients ont été en général plus faibles, ce qui explique les vitesses moins grandes.

Comparaisons avec la région de Paris. L'influence très nette de la situation météorologique sur l'altitude et la température de la stratosphère se montre également si l'on compare les ballons lancés simultanément à Kiruna et à Trappes, près de Paris. En voici quelques exemples.

Le 28 mars 1907, deux ballons sont lancés, l'un à Kiruna, l'autre à Trappes, à 1 h. 30 m. environ d'intervalle. Kiruna est dans une dépression, Trappes est sous l'influence de l'anticyclone; la température à 500 m. est de $+2^{\circ}9$ à Kiruna (pression 704) et de $+5^{\circ}5$ à Trappes (pression 725). Le ballon lancé à Trappes reste plus chaud (inversion vers 3,000 m.) jusqu'à 9,760 m. où le ballon de Kiruna rencontre la stratosphère avec une température de -49° , alors que la température au-dessus de la région de Paris est de -44° ; mais cette température continue à décroître, et au moment où le ballon de Trappes rencontre la stratosphère, à 12,000 m., il montre une température de -65° , alors que celui de Kiruna ne donne que -42° .

Le 20 février 1908, on lance un ballon à Trappes et le 21, on en lance un à Kiruna. Les deux jours Trappes est dans les hautes pressions et Kiruna dans les basses (à l'arrière d'une dépression). A 500 m., la température est de $-12^{\circ}8$ à Kiruna (pression 701) et de $-4^{\circ}4$ à Trappes (pression 717). La stratosphère se rencontre à 9,300 m. à Kiruna, avec une température de -60° , la température étant de -50° à cette hauteur dans la région de Paris, où la stratosphère ne se rencontre qu'à 11,000 m. avec une température de -60° , la température au-dessus de la Laponie étant alors de -60° également. Le réchauffement supérieur est plus sensible pour le ballon de Trappes que pour celui de Kiruna et à 14,600 m., altitude maxima du ballon de Trappes, les températures sont respectivement: $-67^{\circ}4$ à Kiruna et $-61^{\circ}8$ à Trappes.

En été, deux ballons sont lancés de Trappes et de Kiruna, à 12 heures d'intervalle environ, le 29 août 1909, (Pl. III. Pl. IX), la situation change peu, dépression sur la Scandinavie, fortes pressions sur la France. La température à 500 m. est $+6^{\circ}0$ à Kiruna (pression 705) et $+15^{\circ}5$ à Trappes (pression 719). A 8,600 m., le ballon de Kiruna rencontre la stratosphère, avec une température de -46° , alors que le ballon de Trappes montre une température de -23° seulement, mais continue à se refroidir. La stratosphère dans la région

de Paris, ne se trouve qu'à 13,250 m. avec une température de -56° et un très faible réchauffement supérieur. A 12,250 m., altitude maxima atteinte par le ballon de Kiruna, les températures étaient $-40^{\circ}6$ en Laponie et $-51^{\circ}0$ en France.

Résumé. En résumé, ces lancers, faits en Laponie, comparés avec les lancers faits dans la région de Paris et ceux exécutés dans les mers tropicales, donnent les résultats principaux suivants:

1^o- Au nord du cercle polaire, comme aux latitudes moyennes, on trouve une zone à partir de laquelle la température cesse presque de décroître et même quelquefois monte (stratosphère).

L'observation nous montre, en effet, qu'au nord du cercle polaire, comme à Trappes, la stratosphère peut présenter soit simplement une isothermie très approchée, soit d'abord une hausse de température très marquée, pouvant atteindre 10° , suivie de la même isothermie. Dans ces deux cas, très différents au point de vue statique, les phénomènes essentiels subsistent: en bas, un système circulatoire à mouvements verticaux, au-dessus une ou plusieurs couches de températures différentes, formant un système stratifié qui s'élève ou s'abaisse suivant les déplacements des phénomènes tourbillonnaires, ainsi que l'a montré Monsieur L. TEISSERENC DE BORT.

2^o- Bien que la température au sol, en hiver, sous le cercle polaire, soit sensiblement plus froide qu'à la latitude de Paris, la température de la haute atmosphère (au-dessus de 14,000 m.) n'est guère plus froide qu'au-dessus de nos régions.

3^o- La température dans les hautes régions s'abaisse, au contraire, lorsque l'on se rapproche de l'équateur, de sorte que vers 16 000 m., par exemple, on trouve des températures de -50° à -60° au-dessus de la Laponie et de -70° entre les tropiques et l'équateur.

Explication des tableaux.

Nous donnons ci-dessous les résultats numériques détaillés des ballons lancés à Kiruna et à Göteborg. Cette publication a été retardée par la maladie de Monsieur L. TEISSERENC DE BORT, maladie qui l'a empêché de participer à ce travail et qui a amené sa mort.

Le dépouillement des courbes et les calculs ont été faits à l'Observatoire de Trappes.

Dans les tableaux qui suivent, les résultats sont donnés de 500 m. en 500 m. En outre, on a donné tous les points offrant une particularité quelconque, suivant la méthode employée par la Commission Internationale d'Aérostation Scientifique.

Les altitudes sont données en mètres au-dessus du niveau de la mer et arrondies à 10 mètres. Les pressions sont données en millimètres de mercure, les températures en degrés centigrades les vitesses du vent en mètres par seconde, les humidités relatives en pour cent.

Les baromètres de certains enregistreurs ont été étudiés au froid. Nous indiquons toujours si une correction de ce genre a été appliquée ou non. Dans les cas où la correction a été appliquée les tableaux donnent les pressions corrigées et les altitudes tirées de ces pressions.

La direction donnée pour chaque altitude est *celle du courant que le ballon quitte* à cette altitude, convention déjà adoptée pour les publications de l'Otaria.

Pour les ballons de 1907 visés et non retrouvés, nous avons calculé les vitesses verticales par comparaison avec les ballons retrouvés. On remarquera que pour certains de ces ballons, cette vitesse verticale est variable, diminuant pour les uns que nous savions détériorés au départ, augmentant pour d'autres, par comparaison avec les ballons retrouvés.

Pour chaque jour où il a été lancé un ballon retrouvé, on a donné un résumé de la situation météorologique et indiqué en quelques mots le caractère du temps au lieu du lancer. A Kiruna, on a donné également les températures maxima et minima pour le jour, la veille et le lendemain, lues à l'abri installé par la compagnie des mines de Luossavaara-Kirunavaara. (Voir les **Remarques** à la fin).

Pour chaque ballon retrouvé, nous donnons l'état du ciel, la vitesse et la direction du vent au moment du départ.

Les températures et humidités relatives de départ ont été observées avec un thermomètre à aspiration, ou, à défaut, avec des thermomètres frondes. Les vitesses du vent, lorsqu'elles sont données, ont été observées avec un anémomètre à main de Richard. Les pressions au moment du départ ont été observées, en 1907, sur un enregistreur, comparé chaque jour avec un baromètre à siphon, placés

tous deux dans un bureau de la compagnie des mines. En 1908 et 1909, ces pressions ont été lues sur un baromètre anéroïde comparé soigneusement à Trappes avant et après chaque série de lancers; à Kiruna même, ce baromètre a été souvent comparé avec le baromètre à siphon dont on vient de parler.

Nous donnons pour chaque ascension quelques renseignements techniques, force ascensionnelle, taille des ballons, poids de l'équipement. Nous donnons également lorsque cela est possible, la distance et la direction du point de chute.

OBSERVATIONS

ANNÉE 1907.

Ballon du 4 Mars 1907.

Heure p.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure p.m.	Altitude	Direction	Vitesse
3 ^h 2 ^m 0 ^s	502	S 51 W	7.0	3 ^h 7 ^m 15 ^s	2000	S 81 W	26.5
3 45	1000	S 51 W	18.6	8 0	2210	S 81 W	27.0
5 30	1500	S 70 W	24.0				

Ballon du 5 Mars 1907.

Force ascensionnelle 4750 gr. Poids de l'équipement 1020 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Muonio à 140 Km. au N 87 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
9 ^h 51 ^m 0 ^s	500	700	+ 3.8	S 67 W	11.0	10 ^h 11 ^m 52 ^s	6000	342	-26.7		
52 19	1000	658	+ 1.9	S 70 W	13.9	13 34	6500	319	-29.5		
55 3	1500	618	- 1.4	S 78 W	23.0	15 5	7000	297	-32.0		
57 50	2000	580	- 3.4	S 87 W	30.8	16 31	7500	277	-35.2 _{ga}		
59 50	2500	545	- 5.3	N 85 W	32.0	18 3	8000	258	-40.0		
10 ^h 1 ^m 24 ^s	3000	511	- 9.6	N 85 W	32.8	19 31	8500	239	-44.4		
2 53	3500	479	-12.3	N 89 W	34.7	20 57	9000	222	-48.8		
4 28	4000	448	-15.8	S 89 W	39.0	22 24	9500	205	-53.8		
6 9	4500	420	-18.6	S 88 W	42.8	23 42	9950	191	-58.2 _{gd}		
7 53	4970	394	-22.0 _{gd}	W	45.8	23 51	10000	189	-58.4		
8 0	5000	392	-22.1	W	46.0	24 26	10200	183	-59.1 _{ga}		
8 26	5120	386	-22.2 _{ga}	W	46.8	25 17	10500	175	-61.1		
9 26	5370	373	-24.0	W	48.5	26 25	10910	164	-63.4		
9 56	5500	366	-24.6			26 39	11000	162	-63.2		
10 43	5700	356	-25.6 _{it}			27 58	11500	149	-58.7		
11 8	5810	351	-25.6			28 25	11670	145	-56.9		

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 6 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
8 ^h 24 ^m 0 ^s	500	W	1.0	8 ^h 38 ^m 17 ^s	4500	S 68 W	20.8
25 44	1000	S 60 W	8.4	40 8	5000	S 70 W	21.5
27 28	1500	S 56 W	16.3	42 2	5500	S 71 W	28.2
29 13	2000	S 52 W	22.0	42 25	5600	S 71 W	30.5
31 0	2500	S 69 W	25.2	43 55	6000	S 56 W	37.5
32 48	3000	S 69 W	26.1	45 52	6500	S 53 W	44.5
34 36	3500	S 71 W	25.0	47 48	7000	S 53 W	51.5
36 26	4000	S 69 W	22.0	49 0	7310	S 54 W	54.0

Ballon du 7 Mars 1907.

Force ascensionnelle 5500 gr. Poids de l'équipement 2330 gr.

Deux ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kolari (Finlande) à 170 Km. au S 68 E de Kirunä.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
8 ^h 9 ^m 0 ^s	500	699	- 8.4	W	7.0?	8 ^h 33 ^m 59 ^s	7500	255	-55.5	N 63 W	33.3
9 51	580	692	-10.0	N 86 W	7.8?	34 37	7600	251	-56.3	N 64 W	33.0
9 56	600	690	- 9.8 _i	N 86 W	8.0?	36 19	8000	235	-54.6	N 66 W	32.6
11 29	1000	655	-11.0	N 86 W	11.5	36 46	8130	230	-54.3 _i	N 67 W	32.6
13 43	1500	613	-15.4	N 71 W	14.8	38 7	8500	217	-55.3	N 66 W	32.5
15 52	2000	573	-20.3	N 70 W	16.9	39 26	8830	207	-56.0	N 66 W	32.5
17 46	2500	535	-25.4	N 71 W	17.6	40 9	9000	201	-54.7	N 69 W	32.4
19 21	3000	499	-29.5	N 71 W	17.2	42 11	9500	186	-53.3	N 73 W	31.9
20 54	3500	466	-34.0	N 86 W	15.7	44 49	10000	172	-53.0	N 87 W	31.5
22 31	4000	433	-39.0	N 85 W	14.9	47 19	10500	159	-52.6	N 84 W	32.6
23 32	4280	416	-41.5 _{gd}	N 84 W	16.8	50 20	11000	147	-51.3	N 80 W	34.6
24 15	4500	402	-41.9 _{ga}	N 80 W	20.8	51 50	11300	141	-50.7 _i	N 81 W	35.7
25 39	5000	373	-44.4	N 81 W	30.4	53 15	11500	136	-50.8	N 86 W	36.4
26 56	5500	346	-47.5 _{gd}	N 79 W	36.8	56 37	12000	126	-51.3	N 83 W	38.0
28 42	6000	321	-47.5	N 74 W	39.4	8 ^h 59 ^m 18 ^s	12500	117	-52.8	N 80 W	39.5
29 40	6230	310	-47.6 _{ga}	N 70 W	39.5	9 ^h 1 ^m 29 ^s	13000	108	-53.4	N 83 W	40.5
30 34	6500	298	-48.8	N 67 W	38.0	3 33	13500	100	-53.9	N 87 W	41.0
32 12	7000	275	-51.5	N 61 W	35.0	5 51	13850	95	-55.2	N 82 W	41.2

La température minima est -55°/6 à 13450^m à la descente.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 8 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
8 ^h 1 ^m 0 ^s	500	W	5.5	8 ^h 16 ^m 3 ^s	4500	S 65 W	19.2
2 53	1000	S 80 W	12.2	17 56	5000	S 72 W	27.8
4 45	1500	S 86 W	22.3	18 52	5250	S 67 W	29.0
6 38	2000	S 88 W	26.4	19 49	5500	S 73 W	27.1
8 31	2500	S 85 W	28.6	21 41	6000	S 68 W	22.5
10 24	3000	S 80 W	31.5	23 34	6500	S 71 W	26.2
12 17	3500	S 76 W	21.4	25 27	7000	S 65 W	29.0
14 10	4000	S 70 W	15.5				

Ballon du 9 Mars 1907.

Force ascensionnelle 3400 gr. Poids de l'équipement 945 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kautokeino. (Norvège) à 280 Km. au N 30 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
7 ^h 59 ^m 0 ^s	502	690	- 6.1	S 70 W	13.5	8 ^h 21 ^m 26 ^s	6500	302	-43.5	S 22 W	35.0
8 ^h 0 ^m 18 ^s	1000	648	- 9.0	S 72 W	21.3	23 0	7000	280	-47.4	S 15 W	33.1
1 55	1500	607	-12.3	S 74 W	25.0	24 39	7500	260	-52.0	S 17 W	31.0
4 3	2000	568	-15.9	N 81 W	14.7	26 11	7860	245	-54.8	S 26 W	29.6
5 24	2300	545	-18.1	N 86 W	10.5	26 53	8000	240	-53.8	S 20 W	29.2
6 16	2500	531	-19.6	S 84 W	11.0	28 36	8500	222	-51.1	S 20 W	28.3
8 10	3000	496	-22.0	S 65 W	15.5	30 6	9000	206	-49.3	S 20 W	28.0
9 0	3240	480	-24.6	S 47 W	18.3	32 1	9500	191	-47.2	S 24 W	27.7
10 41	3500	463	-25.8	S 20 W	21.2	32 39	9620	187	-46.5 _i	S 20 W	27.6
13 0	4000	432	-28.0	S 31 W	25.4	34 33	10000	177	-48.4	S 13 W	27.4
14 49	4500	403	-30.3 _{ga}	S 28 W	27.9	36 8	10500	164	-52.0	S 15 W	27.0
17 3	5000	375	-34.0	S 25 W	30.1	37 37	11000	151	-55.7	S 40 W	27.9
17 17	5080	371	-34.7 _{gd}	S 30 W	30.4	39 13	11500	140	-58.0	S 40 W	28.7
18 16	5500	349	-35.2	S 35 W	32.2	40 8	12000	129	-58.5	S 38 W	29.7
18 29	5590	345	-35.3 _{ga}	S 33 W	32.6	40 59	12500	119	-58.8	S 39 W	30.5
19 44	6000	325	-38.4	S 25 W	34.1	42 37	12780	114	-58.9	—	—

La Température minima (- 59.1) se produit à 12570^m à la descente.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 10 Mars 1907.

Force ascensionnelle 6500 gr. Poids de l'équipement 2540 gr.

2 ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Airivaara près de la rivière Vittangi Elf à 50 Km. à l'E de Kiruna.

 i = inversion, it = isothermie, ga = gradient augmente, gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse du vent	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse du vent
7 ^h 47 ^m 0 ^s	500	702	- 7.4	60	N 65 W	2.0	8 ^h 4 ^m 28 ^s	6000	329	-46.0	—	N 76 W	18.3
48 48	1000	659	- 9.7	61	N 63 W	9.0	5 3	6200	319	-47.5	—	N 76 W	17.5
50 41	1500	617	-13.8	63	N 59 W	13.0	5 56	6500	305	-49.7	—	S 73 W	14.5
51 35	1730	598	-16.1 _{gd}	64	N 58 W	14.5	6 47	6800	291	-52.1	—	S 73 W	13.0
52 29	2000	577	-17.0	63	N 52 W	15.5	7 21	7000	283	-53.7	—	S 68 W	14.3
53 15	2230	559	-17.9 _{ga}	62	N 48 W	14.0	8 30	7500	261	-57.5	—	S 71 W	17.3
53 59	2500	540	-19.9	60	N 41 W	15.2	9 38	8000	240	-61.3	—	S 76 W	20.0
55 10	2900	511	-22.6	59	N 40 W	16.5	10 50	8390	226	-63.5	—	S 77 W	21.0
55 27	3000	505	-23.3	59	N 41 W	17.0	11 10	8500	222	-62.8	—	N 82 W	20.0
56 53	3500	471	-26.5	58	N 52 W	20.0	12 20	8900	208	-58.3 _{it}	—	N 82 W	12.5
58 21	4000	439	-30.1	57	N 64 W	21.0	12 37	9000	205	-58.3	—	S 43 W	11.5
59 33	4400	414	-33.4	56	N 70 W	20.0	13 12	9200	198	-58.4	—	S 43 W	10.5
7 ^h 59 ^m 51 ^s	4500	409	-34.2	56	N 76 W	19.5	14 14	9500	189	-58.6	—	S 46 W	11.5
8 ^h 1 ^m 23 ^s	5000	380	-38.1	55	N 76 W	18.5	8 ^h 16 ^m 0 ^s	9950	176	-57.2	—	S 83 W	15.0
2 56	5500	354	-42.2	—	N 76 W	18.8							

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 11 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
7 ^h 41 ^m 05 ^s	500	N 35 W	1.5	8 ^h 8 ^m 37 ^s	9000	N 60 W	11.0
42 45	1000	N 42 W	8.0	10 5	9500	N 49 W	9.6
44 30	1500	N 40 W	12.0	11 33	10000	N 52 W	7.6
46 15	2000	N 25 W	8.9	13 1	10500	S 87 W	6.0
48 1	2500	N 31 W	4.0	14 29	11000	W	8.6
49 46	3000	S 70 W	2.0	15 57	11500	S 83 W	12.5
51 31	3500	S 88 W	5.0	17 25	12000	W	16.0
53 16	4000	S 83 W	4.0	18 53	12500	W	16.6
55 2	4500	S 77 W	4.4	20 21	13000	S 89 W	15.0
56 47	5000	S 75 W	4.6	21 49	13500	S 78 W	16.7
58 21	5500	S 74 W	5.5	23 17	14000	S 73 W	18.2
7 ^h 59 ^m 49 ^s	6000	S 71 W	6.2	24 45	14500	S 74 W	20.1
8 ^h 1 ^m 14 ^s	6500	S 70 W	6.4	25 20	14700	S 74 W	20.8
2 45	7000	S 71 W	6.2	26 13	15000	S 80 W	22.3
4 13	7500	S 80 W	6.2	27 41	15500	S 85 W	24.3
5 41	8000	S 79 W	8.5	29 9	16000	S 81 W	26.4
7 9	8500	S 74 W	10.4	30 37	16500	S 79 W	28.0
7 27	8600	S 74 W	10.7				

Le ballon crève à 8^h 31^m.

Ballon du 12 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
7 ^h 31 ^m 0 ^s	500	N 40 W	2.0	7 ^h 53 ^m 4 ^s	6500	N 1 E	23.2
32 52	1000	N 25 W	11.5	54 40	7000	N 3 E	26.4
34 45	1500	N 20 E	9.0	56 17	7500	N 3 E	28.6
36 37	2000	N 25 E	4.0	57 53	8000	N 2 E	30.8
38 29	2500	N 45 E	8.8	7 ^h 59 ^m 30 ^s	8500	N	32.0
40 22	3000	N 54 E	9.2	8 ^h 1 ^m 6 ^s	9000	N 1 E	30.2
42 14	3500	N 63 E	9.0	2 43	9500	N 3 W	27.7
42 37	3600	N 65 E	8.9	4 19	10000	N 4 W	25.4
44 6	4000	N 8 E	9.0	5 55	10500	N 6 W	23.3
45 59	4500	N 13 E	11.5	7 32	11000	N 10 W	21.1
47 51	5000	N 6 E	12.8	9 8	11500	N 13 W	18.6
49 44	5500	N 5 E	14.6	10 45	12000	N 14 W	16.8
51 27	6000	N	19.2	12 21	12500	N 19 W	15.0

Ballon du 13 Mars 1907.

Force ascensionnelle 1900 gr. Poids de l'équipement 930 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé près de Gellivare à 90 Km. au S 15 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 34 ^m 0 ^s	502	713	-12.6	8 ^h 15 ^m 7 ^s	9500	207	-37.4
36 30	970	670	-16.2	17 7	10000	193	-38.3
36 40	1000	667	-16.1	19 10	10500	179	-40.0?
37 29	1140	655	-15.1 <i>i</i>	20 55	11000	166	—
39 13	1500	625	-15.8	22 0	11370	157	-49.4
41 46	2000	585	-17.4	22 23	11500	154	-49.4
44 9	2500	547	-18.1	23 55	12000	143	-49.4
46 24	3000	512	-18.9	25 47	12500	133	-49.1
48 43	3500	478	-20.3	27 54	13000	123	-49.0
50 57	4000	447	-21.6	29 55	13500	113	-49.0
53 13	4500	418	-22.3	31 34	14000	105	-49.0
55 26	5000	390	-23.2	33 13	14500	97	-49.0
57 33	5500	364	-24.3	34 48	15000	90	-49.0
7 ^h 59 ^m 48 ^s	6000	340	-25.9	36 23	15500	84	-49.0
8 ^h 1 ^m 59 ^s	6500	317	-27.2	38 7	16000	78	-49.0
4 13	7000	296	-29.2	39 32	16500	72	-49.1
6 22	7500	276	-31.4	41 8	17000	66	-49.2
8 36	8000	257	-33.3	42 46	17500	61	-49.2
10 46	8500	239	-34.9	44 6	18000	57	-49.2
12 59	9000	223	-36.1	44 7	18010	57	-49.2

Par suite d'un défaut de l'instrument, le thermomètre fait un saut de près de 10° à 8^h20^m.

Le gradient est donc trop faible de 2000 à 10000 m., l'isothermie de 11500 à 18000 m. est peu probable, et tous les résultats sont très douteux.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 14 Mars 1907.

Force ascensionnelle 2300 gr. Poids de l'équipement 900 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé sur un lac à 30 Km. au SSW de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 34 ^m 0 ^s	502	710	-12.1	8 ^h 3 ^m 22 ^s	6500	311	-38.0 _{ga}
37 2	1000	664	-20.0	6 8	7000	288	-42.2
38 16	1230	644	-17.1 _i	8 41	7500	267	-46.7
40 6	1500	621	-18.6	11 34	8000	248	-51.0
41 42	1790	597	-20.0 _{it}	14 33	8500	229	-56.2
42 14	1930	586	-20.0	17 35	9000	212	-60.9
42 37	2000	580	-20.2	20 41	9500	195	-65.9
44 48	2440	547	-22.1	22 49	9890	183	-69.1 _{gd}
45 3	2500	542	-22.1	23 15	10000	179	-69.1
46 52	2880	515	-21.7 _i	23 44	10120	176	-69.1
47 22	3000	506	-22.1	25 11	10400	168	-69.8
49 33	3500	473	-24.1	25 34	10500	165	-68.5
51 33	4000	441	-26.0	27 45	11000	152	-67.1
52 0	4110	435	-26.7	30 0	11500	140	-65.4
52 56	4330	422	-25.7 _i	31 1	11800	133	-64.9 _i
53 57	4500	412	-26.5	31 58	12000	129	-65.5
56 15	5000	384	-29.4 _{it}	34 18	12500	119	-65.6
56 54	5100	379	-29.4	36 38	13000	110	-65.1
7 ^h 58 ^m 49 ^s	5500	358	-32.1	38 50	13420	102	-66.6
8 ^h 1 ^m 6 ^s	6000	334	-35.1				

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon de 23 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
6 ^h 10 ^m 0 ^s	501	N 30 W	4.0	6 ^h 58 ^m 1 ^s	9000	N 45 W	11.1
12 50	1000	N 36 W	25.0	7 ^h 0 ^m 51 ^s	9500	N 50 W	11.2
15 39	1500	N 2 W	14.5	3 40	10000	N 20 W	11.1
18 28	2000	N 25 E	12.1	6 30	10500	N 30 W	9.2
21 18	2500	N 18 E	12.0	9 19	11000	N 35 W	8.8
24 7	3000	N 2 E	12.4	12 9	11500	N 48 W	10.2
26 57	3500	N 20 W	15.1	14 58	12000	N 46 W	10.6
29 46	4000	N 25 W	21.2	17 48	12500	N 38 W	9.6
32 36	4500	N 29 W	26.5	20 37	13000	S 70 W	9.2
35 25	5000	N 24 W	29.0	23 27	13500	N 87 W	9.8
37 0	5280	N 20 W	25.5	26 16	14000	N 80 W	11.1
38 15	5500	N 34 W	23.1	29 6	14500	S 86 W	11.4
39 57	5800	N 33 W	22.0	31 55	15000	S 64 W	12.5
41 4	6000	N 34 W	22.6	34 45	15500	S 70 W	15.1
43 54	6500	N 34 W	28.0	37 34	16000	S 60 W	19.8
46 43	7000	N 30 W	22.0	40 24	16500	S 49 W	23.6
49 33	7500	N 30 W	13.0	43 13	17000	S 48 W	26.4
52 22	8000	N 58 W	11.0	46 3	17500	S 55 W	30.8
55 12	8500	N 67 W	10.8	48 0	17850	S 52 W	32.0

Ballon du 24 Mars 1907.

Force ascensionnelle 4450 gr. Poids de l'équipement 2360 gr.

2 ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Purnu près Gellivare à 90 Km. au S 15 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
6 ^h 20 ^m 0 ^s	502	710	- 7.1	—	Calme	6 ^h 39 ^m 1 ^s	5500	365	-28.1	N 22 W	21.6
21 10	690	693	- 4.1 _i	N 55 W	2.5	40 37	6000	341	-30.0	N 24 W	25.2
22 35	1000	666	- 6.4	N 55 W	4.7	41 33	6300	326	-31.0	N 26 W	27.0
23 57	1300	640	- 8.4	N 40 W	5.5	42 11	6500	317	-31.8	N 6 W	28.2
24 42	1500	624	- 9.8	N 21 W	4.4	43 46	7000	296	-34.6	N 12 W	30.4
26 5	1880	594	-12.3	N 21 W	2.5	45 22	7500	275	-38.2	N 14 W	32.1
26 29	2000	585	-12.9	N 21 W	2.8	47 14	8000	255	-41.3	N 16 W	35.5
27 35	2330	560	-14.7 _{gd}	N 21 W	7.0	49 4	8500	237	-44.9		
28 8	2500	548	-14.9	N 25 W	9.4	50 51	9000	220	-49.4		
29 4	2780	528	-15.3	N 25 W	11.0	52 31	9500	204	-53.7		
29 51	3000	513	-15.7	N 25 W	11.0	53 36	9840	193	-56.7 _{gd}		
31 36	3420	485	-16.8	N 27 W	10.0	54 9	10000	188	-57.4		
31 54	3500	480	-17.0	N 14 W	10.2	55 52	10500	174	-59.2		
33 44	4000	448	-18.3	N 15 W	12.4	57 33	11000	161	-60.2		
34 45	4280	432	-19.6 _{ga}	N 14 W	13.7	6 ^h 59 ^m 25 ^s	11500	148	-55.0 _i		
35 34	4500	419	-21.8	N 14 W	14.8	7 ^h 1 ^m 15 ^s	12000	137	-55.4		
37 18	5000	391	-25.2	N 22 W	17.8	2 49	12430	128	-55.3		

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 25 Mars 1907.

Force ascensionnelle 1500 gr. Poids de l'équipement 735 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Alamuonio par Muonionalusta à 140 Km au N 84 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
5 ^h 53 ^m 0 ^s	502	704	- 1.1	W	12.0	6 ^h 6 ^m 14 ^s	2500	545	-12.1	N 76 W	14.6
53 47	590	696	- 1.5	S 70 W	12.3	7 51	2830	522	-14.5	N 78 W	16.0
54 8	640	692	- 1.4 _i	S 70 W	12.9	8 40	3000	510	-16.3	N 88 W	15.4
56 26	880	671	- 2.9 _{it}	S 73 W	16.0	11 0	3500	477	-20.4	S 89 W	14.0
56 59	980	663	- 2.9	S 80 W	17.0	11 56	3700	465	-22.0	S 89 W	14.0
57 7	1000	661	- 3.0	S 82 W	17.1	14 12	3980	447	-23.7	N 88 W	14.9
58 10	1160	648	- 4.0	S 84 W	17.5	14 22	4000	445	-23.6	N 77 W	15.0
5 ^h 59 ^m 58 ^s	1500	620	- 5.5	N 78 W	14.3	16 33	4260	430	-20.0 _i	N 83 W	18.0
6 ^h 3 ^m 10 ^s	2000	582	- 9.1	N 76 W	12.5	17 31	4500	416	-20.8	N 86 W	18.2
4 18	2170	569	-10.2 _{it}	N 77 W	13.0	20 8	5000	389	-25.2	S 82 W	18.5
4 46	2220	565	-10.2	N 76 W	13.3	23 36	5500	363	-28.8	S 78 W	19.0

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
6 ^h 26 ^m 12 ^s	6000	338	-33.7			6 ^h 46 ^m 50 ^s	10000	185	-45.2		
29 13	6500	314	-38.4			48 45	10500	172	-45.7		
32 28	7000	292	-41.9 _{ga}			50 30	11000	160	-45.7		
34 49	7500	271	-46.4			51 59	11500	148	-45.3		
37 57	8000	252	-49.3			53 38	12000	137	-45.3		
39 3	8260	241	-50.4			55 16	12500	127	-45.0		
39 49	8320	239	-50.2			56 47	13000	118	-45.7		
40 36	8500	233	-50.4			6 ^h 58 ^m 16 ^s	13500	110	-46.8		
42 34	9000	216	-46.6			7 ^h 0 ^m 3 ^s	14000	102	-47.6		
44 50	9500	200	-45.6			0 20	14040	101	-47.0		

La vitesse verticale est extrêmement irrégulière.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 26 Mars 1907.

Force ascensionnelle 2000 gr.? Poids de l'équipement 710 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kolari (Finlande) à 150 Km. au S 68 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
8 ^h 12 ^m 0 ^s	510	697	+ 0.5	8 ^h 49 ^m 4 ^s	9050	219	-41.1
14 11	1000	655	- 0.7	50 5	9410	208	-43.4 _{gd}
16 48	1500	614	- 2.4	50 22	9500	205	-43.5
19 15	2000	577	- 5.2	51 10	9760	198	-44.0 _{ga}
21 23	2500	541	- 8.2	51 48	10000	191	-46.6
23 26	3000	507	-11.3	52 19	10190	186	-48.3
25 35	3500	475	-14.7	53 38	10500	178	-46.9
27 46	4000	444	-18.4	55 19	11000	165	-43.2
29 53	4500	415	-22.2	56 58	11500	153	-41.7
32 7	5000	388	-25.4	58 31	12000	142	-43.0
32 44	5160	379	-25.0 _i	8 ^h 59 ^m 58 ^s	12500	132	-44.5
34 12	5500	362	-26.7	9 ^h 1 ^m 20 ^s	13000	123	-42.2
35 30	5800	347	-28.1 _{gd}	2 39	13500	114	-40.9
36 21	6000	337	-28.2	4 4	14000	106	-39.8
38 5	6380	320	-28.4 _{ga}	5 37	14500	98	-39.3 _i
38 39	6500	315	-29.2	7 11	15000	91	-40.7
39 31	6680	307	-30.1 _{it}	8 48	15500	85	-42.4
41 7	7000	293	-30.1	10 20	16000	79	-42.8
41 30	7080	290	-30.1	11 49	16500	73	-42.4
43 28	7500	273	-32.5 _{gd}	13 20	17000	68	-45.9
45 26	8000	254	-34.0 _{ga}	15 15	17500	63	-45.6
47 17	8500	237	-38.8	17 29	18000	58	-45.5
48 31	8870	225	-41.1 _{it}	19 33	18500	54	-41.3
48 55	9000	221	-41.1	19 50	18600	53	-40.3

La température minima (-51.3) se produit à 17150^m à la descente.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

2^{ème} Ballon du 26 Mars 1907.

Force ascensionnelle 5150 gr. Poids de l'équipement 2125 gr.

2 ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kuottola (Finlande) à 295 Km. au S 40 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 10 ^m 0 ^s	501	711	— 4.5	7 ^h 38 ^m 41 ^s	9500	209	—47.6
12 22	1000	667	— 6.8	40 9	10000	193	—50.6 _{ga}
14 25	1500	625	—10.3	41 46	10500	179	—54.3 _{gd}
16 16	2000	586	—12.9	43 20	11000	165	—55.2
17 38	2430	554	—10.6 _i	44 41	11500	153	—55.8
17 50	2500	549	—10.6 _{it}	45 33	11840	145	—56.7
19 3	3000	514	—11.5	45 57	12000	141	—55.7
20 32	3500	481	—13.7	47 18	12500	131	—50.1
21 21	3730	467	—14.3	47 24	12540	130	—48.8 _i
22 18	4000	450	—11.2	48 37	13000	121	—49.8
22 30	4060	447	—10.9 _i	49 58	13500	112	—50.8
24 2	4500	422	—12.9	51 18	14000	104	—51.6
25 45	5000	395	—14.8 _{ga}	52 39	14500	96	—52.4
27 20	5500	369	—18.4	54 2	15000	89	—53.1
28 48	6000	345	—22.0	55 55	15500	82	—52.7
30 15	6500	322	—25.9	57 27	16000	76	—53.6
31 46	7000	301	—31.3 _{gd}	57 45	16100	75	—53.7
33 2	7500	281	—33.5 _{ga}	58 52	16500	70	—53.1
34 27	8000	261	—37.5	8 ^h 0 ^m 15 ^s	17000	65	—52.0
36 1	8500	242	—42.2 _{gd}	1 40	17500	60	—51.0 _i
37 18	9000	225	—44.8	3 57	17990	56	—51.3

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 27 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
5 ^h 27 ^m 0 ^s	500	—	calme	5 ^h 35 ^m 4 ^s	2500	N 56 W	35.5
29 1	1000	S 40 W	2.5	37 5	3000	N 56 W	37.0
31 2	1500	N 83 W	14.5	38 0	3230	N 56 W	37.0
33 3	2000	N 70 W	27.0				

2^{ème} Ballon du 27 Mars 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
10 ^h 30 ^m 0 ^s	501	—	calme	10 ^h 35 ^m 50 ^s	2000	S 30 E	27.5
31 57	1000	S 35 E	12.8	26 50	2260	S 30 E	29.0
33 54	1500	S 35 E	22.4				

Ballon du 28 Mars 1907.

Force ascensionnelle 4000 gr.? Poids de l'équipement 2000 gr.

2 ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé au Sud de Karesuando à 120 Km. au N 60 E de Kiruna.

i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse
6 ^h 39 ^m 0 ^s	502	704	+ 2.9	92	S 72 W	13.0	6 ^h 58 ^m 59 ^s	6500	318	-31.2	60	S 59 W	25.4
40 41	1000	661	+ 1.0	92	S 72 W	14.6	7 ^h 0 ^m 29 ^s	7000	296	-36.7	58	S 54 W	22.1
42 9	1360	632	- 0.8	93	S 72 W	16.1	1 30	7370	281	-39.9	57	S 54 W	18.0
42 45	1500	621	- 1.5 _{ga}	94	N 86 W	16.9	1 49	7500	276	-40.8 _{gd}	56	S 57 W	18.7
45 6	2000	582	- 5.5	92	N 82 W	20.8	3 5	8000	256	-44.1	56	S 60 W	28.3
46 19	2300	561	- 7.2 _{gd}	86	N 85 W	23.6	4 17	8500	238	-46.3	56	S 66 W	38.3
47 0	2500	546	- 7.5 _{ga}	82	N 85 W	25.7	5 26	9000	221	-47.7	55	S 62 W	41.1
48 37	3000	513	-11.2	79	N 87 W	31.5	6 28	9500	205	-48.6	54	S 70 W	41.4
49 0	3120	505	-12.0	78	N 88 W	32.0	7 0	9760	196	-49.1		S 70 W	41.4
49 56	3500	480	-14.6	76	S 87 W	31.2	7 28	10000	189	-48.7		S 75 W	41.5
51 10	4000	450	-18.1	74	S 84 W	30.8	8 31	10500	175	-47.9		S 74 W	39.8
52 32	4500	420	-21.5	73	S 80 W	29.4	9 0	10730	169	-47.5		S 74 W	38.5
53 26	4800	403	-23.3 _{gd}	71	S 73 W	28.0	9 51	11000	162	-45.0		S 85 W	37.0
54 8	5000	393	-24.0	70	S 72 W	27.2	10 21	11180	158	-43.5		S 86 W	36.1
55 49	5500	366	-26.3	65	S 67 W	25.7	10 57	11500	151	-43.6		S 86 W	34.0
57 27	6000	342	-28.6	62	S 65 W	26.0	12 15	12000	140	-42.5		N 87 W	28.8
58 17	6260	329	-29.6 _{ga}	62	S 62 W	26.0	13 35	12290	134	-42.4 _i		N 86 W	26.0

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 29 Mars 1907.

Force ascensionnelle 3750 gr. Poids de l'équipement 820 gr.

2 ballons caoutchouc de 1800 mm de diamètre.

Retrouvé à?

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion.	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
5 ^h 47 ^m 0 ^s	500	715	— 1.0	N 55 W	8.0	6 ^h 20 ^m 26 ^s	11500	151	—65.5		
49 3	1000	672	— 4.1	N 56 W	9.0	20 56	11740	145	—66.3		
51 16	1500	630	— 7.2	N 58 W	9.5	21 27	12000	139	—65.9		
53 17	2000	591	—10.3	N 57 W	14.0	22 56	12500	128	—60.4		
53 41	2100	583	—10.7 ¹	N 30 W	15.0	24 58	13000	118	—50.5 ²		
55 55	2500	553	—10.0	N 31 W	17.3	28 14	13500	109	—45.4		
56 49	2730	537	— 9.5 _i	N 36 W	17.7	32 57	14000	101	—42.8		
57 34	3000	518	—10.3	N 30 W	19.0	33 40	14100	100	—42.6		
57 54	3120	510	—10.1 _{ga}	N 28 W	20.0	36 42	14500	93	—43.6		
5 ^h 59 ^m 1 ^s	3500	486	—12.0	N 25 W	22.0	40 14	15000	86	—45.2		
6 ^h 0 ^m 32 ^s	4000	455	—14.8	N 31 W	23.5	43 30	15500	80	—45.9		
2 12	4500	425	—17.9	N 27 W	24.0	46 30	16000	74	—46.6		
3 56	5000	397	—20.9	N 26 W	23.7	49 19	16500	68	—48.6		
5 11	5500	372	—24.0	N 29 W	23.0	52 24	17000	63	—46.9		
6 35	6000	347	—27.3	N 30 W	23.0	54 33	17500	58	—46.5		
8 2	6500	323	—30.8	N 38 W	24.7	56 19	18000	54	—46.8		
9 20	7000	302	—33.7	N 40 W	28.0	57 58	18500	50	—46.4		
9 40	7130	296	—34.4	N 41 W	29.0	6 ^h 59 ^m 29 ^s	19000	46	—46.3		
10 35	7500	281	—37.5			7 ^h 1 ^m 42 ^s	19500	42	—44.3		
11 47	8000	261	—41.2			3 56	20000	39	—43.6		
12 56	8500	243	—44.5			7 56	20500	36	—44.9		
14 10	9000	225	—47.9			10 20	21000	33	—43.6		
15 33	9500	208	—51.8			12 2	21500	31	—43.0		
16 53	10000	193	—55.5			13 38	22000	29	—42.6		
18 10	10500	178	—59.3			14 9	22240	28	—41.6		
19 22	11000	164	—63.0								

¹ Commencement d'une couche à gradient très faible avec de petites inversions.² A partir de ce moment les températures sont peut-être faussées par le soleil; à partir de 13000 mètres, les altitudes sont calculées en supposant la température égale à — 55°0.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 30 Mars 1907.

Force ascensionnelle 3500 gr. Poids de l'équipement 2235 gr.

Deux ballons caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kautokeino à 280 Km. au N 30 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
5 ^h 48 ^m 0 ^s	500	713	- 2.0 ¹	S 30 W	11.0	6 ^h 28 ^m 15 ^s	9780	192	-54.0	S 14 W	45.5
50 11	1000	669	- 2.4	S 30 W	13.0	28 42	10000	185	-54.0	S 16 W	46.2
53 59	1500	627	- 2.4	S 17 W	14.5	29 44	10500	171	-54.0	S 22 W	47.0
56 36	2000	588	- 3.2	S 23 W	15.2	30 54	11000	158	-54.5	S 35 W	48.0
58 53	2500	550	- 4.8	S 20 W	15.5	32 6	11500	146	-55.0	S 40 W	43.0
6 ^h 1 ^m 28 ^s	3000	514	- 7.3	S 17 W	16.2	33 19	12000	135	-56.2	S 47 W	33.5
4 4	3500	480	- 8.5	S 16 W	18.0	34 27	12500	125	-57.0	S 41 W	27.5
7 8	4000	448	-10.3	S 14 W	20.2	35 31	13000	115	-57.6	S 38 W	32.2
9 20	4500	418	-14.4	S 13 W	21.8	36 46	13500	106	-58.3	S 42 W	36.0
11 11	5000	390	-18.7	S 13 W	22.5	38 14	14000	98	-58.9	S 56 W	30.5
13 2	5500	363	-22.5	S 12 W	20.3	40 9	14500	90	-59.8	S 66 W	26.5
14 46	5900	343	-25.2	S 12 W	18.0	42 2	15000	83	-60.8	S 70 W	29.8
15 17	6000	338	-25.9	S 1 W	18.2	43 21	15500	77	-61.3	S 67 W	33.0
17 24	6500	314	-28.3	S 6 W	21.3	44 38	16000	71	-62.2	S 64 W	35.5
19 30	7000	291	-30.6	S 7 W	25.2	45 54	16500	65	-63.0	S 63 W	37.5
20 58	7500	270	-34.0	S 11 W	29.3	47 13	17000	60	-63.0	S 70 W	39.0
22 30	8000	251	-39.0	S 11 W	33.4	48 55	17500	56	-63.0	S 75 W	39.5
24 16	8500	233	-44.2	S 10 W	37.3	50 19	18000	52	-63.5	S 68 W	39.5
25 55	9000	216	-47.3	S 12 W	41.0	51 16	18500	48	-64.0	S 74 W	39.5
27 37	9500	200	-54.0 _{gd}	S 13 W	44.2	51 33	18650	46	-64.3	S 80 W	39.5

¹ Le thermomètre ne marque pas jusqu'à 6^h28. Les températures données de 500^m à 9000^m sont celles de la descente; elles semblent être dans cet intervalle un peu plus hautes que celles de la montée. De 9500^m à 18650^m nous avons donné les températures de la montée. A la descente on observe une température minima de -64^o.3 à 11500 mètres. Jusqu'à 7500 mètres, le baromètre fonctionne irrégulièrement et les altitudes sont douteuses.

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 31 Mars 1907.

Force ascensionnelle 3950 gr. Poids de l'équipement 2320 gr.

2 ballons de caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Lupenkuru (Finlande) à 150 Km. au N 66 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
6 ^h 20 ^m 0 ^s	502	713	+ 3.9	S 50 W	7.0	6 ^h 26 ^m 41 ^s	2000	591	- 3.6	S 75 W	12.5
21 13	760	691	+ 3.0 _{gd}	S 52 W	7.2	28 0	2320	568	- 5.5 _{gd}	S 73 W	15.0
21 59	920	677	+ 2.8 _{ga}	S 52 W	7.4	28 42	2500	554	- 6.2	S 70 W	16.5
22 19	1000	670	+ 2.7	S 52 W	7.6	29 8	2610	547	- 6.4 _{ga}	S 70 W	17.5
24 25	1500	630	0.0	S 60 W	10.0	30 30	3000	520	- 8.7	S 58 W	20.6
25 57	1830	604	- 2.4	S 64 W	11.4	32 14	3500	487	-12.1	S 54 W	24.2

Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse	Heure a.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Direc- tion	Vitesse
6 ^h 33 ^m 56 ^s	4000	456	-14.7	S 51 W	26.3	6 ^h 53 ^m 47 ^s	10000	195	-50.7		
34 46	4200	444	-15.9 ^{gd}	S 52 W	27.0	55 23	10500	181	-53.4		
35 55	4500	427	-16.6 ^{ga}	S 64 W	27.5	56 35	10770	173	-54.8		
37 45	5000	399	-19.0	S 68 W	27.6	57 18	11000	167	-53.1		
39 40	5500	373	-22.3	S 72 W	27.6	6 ^h 58 ^m 50 ^s	11500	155	-50.6		
41 15	6000	349	-25.2	S 76 W	27.6	7 ^h 0 ^m 22 ^s	12000	143	-49.8 _i		
42 51	6500	325	-28.2	S 74 W	27.6	1 47	12500	133	-50.0		
44 26	7000	303	-31.4			3 21	13000	123	-50.2		
45 49	7500	283	-34.0			4 52	13500	114	-50.4		
47 25	8000	263	-38.0			6 26	14000	106	-50.8		
49 1	8500	245	-41.4			7 58	14500	98	-50.2		
50 34	9000	227	-44.4			8 25	14740	94	-49.8		
52 10	9500	210	-47.7								

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

2^{ème} Ballon du 31 Mars 1907.

Force ascensionnelle 4100 gr. Poids de l'équipement 2295 gr.

2 ballons de caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Pakakielinen à 150 Km. au S 80 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse	Heure p.m.	Alti- tude	Pres- sion	Tempé- rature	Humi- dité relat.	Direc- tion	Vitesse
4 ^h 55 ^m 0 ^s	502	713	+ 4.0	74	S 65 W	6.0	5 ^h 18 ^m 0 ^s	7000	302	-33.1	68	S 84 W	27.0
55 28	590	705	+ 4.2 _i	74	S 42 W	10.0	18 20	7090	299	-33.1		S 84 W	27.0
57 0	1000	670	+ 2.0	76	S 45 W	14.0	19 41	7500	282	-35.7			
58 19	1370	640	0.0	76	S 48 W	13.0	21 33	8000	262	-39.7			
4 ^h 58 ^m 46 ^s	1500	629	- 1.0	77	S 62 W	13.3	23 31	8500	244	-43.3			
5 ^h 0 ^m 31 ^s	2000	591	- 4.4	82	S 67 W	14.1	25 35	9000	226	-48.3			
2 21	2500	554	- 8.7	85	S 70 W	17.1	26 18	9170	220	-50.1 ^{gd}			
2 58	2660	543	- 9.9	87	S 70 W	19.5	27 18	9500	209	-51.9			
3 18	2720	539	- 9.0 _i	78	S 70 W	20.7	27 52	9570	207	-52.3 ^{ga}			
4 38	3000	519	- 9.6	63	S 61 W	22.1	29 20	10000	194	-55.5			
4 58	3070	515	- 9.9	61	S 58 W	22.3	30 49	10500	179	-58.7			
5 34	3240	504	-10.7	68	S 60 W	22.6	31 35	10780	171	-60.2 ^{gd}			
5 57	3360	496	-10.1 _i	70	S 61 W	22.7	32 13	11000	165	-60.6			
6 22	3500	487	-10.8	72	S 61 W	22.8	32 20	11040	164	-60.7			
7 15	3780	470	-12.1 ^{gd}	74	S 60 W	23.0	32 38	11150	161	-60.7			
7 52	4000	456	-12.3	73	S 70 W	21.4	34 5	11500	152	-56.2			
8 4	4070	452	-12.5 ^{ga}	72	S 73 W	20.7	36 33	12000	141	-54.5			
8 46	4300	438	-13.6	72	S 76 W	19.0	38 42	12500	131	-55.3			
9 27	4500	427	-15.0	72	S 77 W	19.7	41 10	13000	121	-54.3			
11 16	5000	399	-18.6	73	S 77 W	23.8	43 43	13500	112	-53.5 _i			
13 7	5500	373	-21.9	74	S 79 W	25.4	46 1	14000	103	-53.5 _i			
14 51	6000	348	-25.1	74	S 82 W	25.5	48 47	14500	95	-53.9			
16 34	6500	325	-29.6	72	S 85 W	26.0	50 20	14870	90	-55.5			
17 54	6970	304	-33.1 _{it}	68	S 84 W	26.9							

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 1 Avril 1907.

Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse	Heure a.m.	Altitude	Direction	Vitesse
6 ^h 40 ^m 0 ^s	500	S 50 W	13.0	6 ^h 49 ^m 46 ^s	3000	S 61 W	36.0
41 57	1000	S 52 W	19.0	51 43	3500	S 52 W	28.7
43 54	1500	S 66 W	22.1	53 40	4000	S 54 W	22.0
45 52	2000	S 72 W	23.1	55 38	4500	S 52 W	23.8
47 49	2500	S 73 W	31.6	56 29	4720	S 51 W	27.0

OBSERVATIONS

ANNÉE 1908.

1) BALLONS LANCÉS À KIRUNA.

Ballon du 17 Février 1908.

Force ascensionnelle 2550 gr. Poids de l'équipement 640 gr.

Un ballon caoutchouc de 1700 mm. de diamètre.

Retrouvé près de Kalix Elf à 50 Km. au S 45 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
4 ^h 49 ^m 0 ^s	500	704	— 9.9	65	5 ^h 13 ^m 39 ^s	5100	380	—28.3 _{ga}	44
50 2	660	690	— 8.2 _i	68	15 18	5500	359	—31.2	44
51 44	1000	660	— 9.1	68	17 36	6000	335	—34.9	43
54 43	1500	618	—12.5	70	19 33	6500	312	—38.4	43
58 5	2000	579	—16.3	99	21 27	7000	289	—41.8	43
58 10	2020	577	—16.4	100	23 24	7500	269	—45.0 _{ga}	43
4 ^h 59 ^m 40 ^s	2300	556	—15.3 _i	58	25 8	8000	249	—49.3	
5 ^h 0 ^m 47 ^s	2500	541	—15.7	54	25 40	8160	243	—50.6 _{gd}	
3 28	3000	506	—17.5	48	26 43	8500	231	—52.3	
4 39	3230	491	—18.5 _{ga}	45	27 39	8800	220	—53.7 _{ga}	
5 41	3450	477	—20.3 _{gd}	45	28 17	9000	214	—55.3	
5 55	3500	474	—20.5	45	29 50	9500	198	—59.1	
8 15	4000	442	—22.9	44	31 1	10000	182	—62.2	
10 47	4500	413	—25.2	43	32 31	10500	168	—65.2	
13 12	5000	385	—27.7	44	33 50	10970	155	—67.6	

La température minima (—69.9) se produit à 10600^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 18 Février 1908.

Force ascensionnelle 2300 gr.? Poids de l'équipement 690 gr.

Un ballon caoutchouc de 1700 mm. de diamètre.

Retrouvé à Karesuando à 120 Km. au N 55 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 19 ^m 0 ^s	500	697	— 7.9	6 ^h 32 ^m 32 ^s	3000	501	—16.9
21 1	830	668	— 9.6	35 3	3500	469	—19.6
21 29	920	660	— 9.2 _i	37 59	4000	438	—21.9
21 54	1000	652	— 9.6	40 34	4500	409	—25.4
24 38	1500	611	—13.3	42 38	5000	382	—28.6
27 18	2000	572	—18.1	44 46	5500	356	—31.4
27 31	2050	569	—18.2	47 13	6000	331	—34.1
29 31	2430	541	—15.6 _i	47 28	6050	329	—34.5 _{gd}
29 54	2500	536	—15.7	49 32	6500	308	—35.7 _{ga}

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 51 ^m 35 ^s	7000	287	-40.0	8 ^h 5 ^m 26 ^s	10500	165	-71.4
53 33	7500	266	-45.1	7 10	11000	152	-75.1
55 27	8000	247	-49.4	7 31	11110	149	-75.6
57 37	8500	228	-53.7	9 26	11500	139	-72.5
7 ^h 59 ^m 39 ^s	9000	212	-58.2	12 40	12000	128	-70.8
8 ^h 1 ^m 42 ^s	9500	195	-62.6	18 14	12430	119	-68.2
3 38	10000	180	-67.0				

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 21 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 700 gr.

Un ballon caoutchouc de 1900 mm. de diamètre.

Retrouvé à Svappavaara à 45 Km. au S 50 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 19 ^m 0 ^s	500	701	-12.8	7 ^h 59 ^m 50 ^s	9000	209	-59.2 ^{gd}
21 0	820	672	-13.2 ^{it}	8 ^h 0 ^m 56 ^s	9300	199	-59.8
22 6	1000	656	-13.2	1 41	9500	192	-60.0
23 1	1150	644	-13.2	3 34	10000	178	-60.2
24 1	1320	630	-11.7 ⁱ	5 26	10500	164	-60.1
25 4	1500	615	-12.4	7 15	11000	152	-60.0
27 50	2000	576	-14.0	9 3	11500	140	60.0 ⁱ
28 21	2100	568	-14.4 ^{ga}	10 42	12000	129	-62.2
30 25	2500	539	-16.7	12 21	12500	119	-62.8
33 4	3000	504	-19.8	13 53	13000	110	-64.2
35 43	3500	471	-23.3	15 24	13500	101	-65.7
38 19	4000	440	-26.9	17 1	14000	93	-66.2
40 45	4500	410	-30.1	18 28	14500	85	-67.2
43 10	5000	382	-33.7	19 55	15000	78	-68.2
45 28	5500	356	-37.7	21 20	15500	72	-68.8
47 41	6000	331	-41.6	22 37	16000	66	-69.5
49 52	6500	307	-45.4	23 54	16500	61	-70.3
52 0	7000	285	-49.2 ^{gd}	25 13	17000	56	-71.2
54 2	7500	264	-51.3	26 44	17500	52	-71.4
56 3	8000	244	-53.5	28 7	18000	48	-72.0
57 58	8500	226	-56.4	29 0	18330	45	-72.3

Température minima (-73.1) à 17950 m. à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 22 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 710 gr.

Un ballon caoutchouc de 2000 mm. de diamètre.

Retrouvé près de Lainio par Wittangi à 80 Km. au S 80 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. gr. = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 27 ^m 0 ^s	500	702	-18.1	8 ^h 2 ^m 52 ^s	8500	232	-50.0
28 42	820	673	-14.2	4 35	9000	215	-53.7
29 35	1000	657	-14.1	6 23	9500	198	-57.6
30 5	1100	648	-14.1	8 5	10000	183	-61.5
30 33	1170	642	-14.3	9 28	10500	169	-65.5
31 37	1330	629	-14.0	10 6	10750	162	-67.0 _{gd}
32 5	1400	623	-13.0 _i	10 50	11000	155	-67.8
32 41	1500	615	-13.1	12 23	11500	143	-69.1
35 19	2000	575	-15.2	13 53	12000	131	-64.6
37 40	2500	539	-17.7	14 51	12260	126	-62.8 _i
38 35	2690	525	-18.5	15 40	12500	121	-64.1
40 15	3000	504	-18.3	17 34	13000	112	-64.0
42 7	3410	477	-18.1 _i	19 27	13500	103	-64.1
42 19	3450	474	-18.3 _{it}	21 24	14000	95	-64.1
42 34	3500	471	-18.3	23 26	14500	87	-65.2
44 6	3810	452	-17.9 _i	25 25	15000	80	-65.7
44 58	4000	441	-19.0	27 4	15500	74	-65.9
45 52	4200	429	-20.1 _{it}	28 36	16000	68	-66.4
46 47	4410	417	-20.2	30 14	16500	63	-67.4
47 9	4500	412	-20.4	32 7	17000	58	-68.4
49 20	5000	385	-23.6	33 45	17500	53	-69.1
51 27	5500	359	-27.4	35 37	18000	49	-69.6
53 24	6000	335	-31.0	37 19	18500	45	-70.0
55 24	6500	312	-34.1	38 46	19000	41	-70.5
57 22	7000	290	-37.9	40 8	19500	38	-70.8
7 ^h 59 ^m 20 ^s	7500	270	-42.0	41 31	19970	35	-71.0
8 ^h 1 ^m 12 ^s	8000	250	-46.1				

Température minima (-71°.6) à 18900 m. à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 24 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 690 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé sur Sirufjäll à 80 Km. au S 80 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 59 ^m 0 ^s	500	706	-14.2 _{it}	7 ^h 45 ^m 54 ^s	10500	170	-61.4
7 ^h 0 ^m 49 ^s	770	681	-14.2	47 34	11000	156	-64.1
2 15	1000	661	-13.7	48 1	11130	153	-64.7
5 45	1500	619	-10.7 _i	49 12	11500	144	-61.8
8 41	1960	583	-14.3 _{it}	49 34	11620	142	-60.9
8 54	2000	579	-14.3	50 44	12000	133	-60.5
9 36	2130	570	-14.2	52 12	12500	123	-60.1
11 40	2500	543	-16.1	53 32	13000	114	-60.1
12 3	2560	538	-16.6	54 50	13500	105	-60.1
13 0	2730	526	-16.2 _i	56 4	14000	97	-60.0
14 27	3000	507	-17.0	57 29	14500	89	-59.8
16 54	3500	474	-19.8	58 59	15000	82	-59.6
19 36	4000	443	-22.2	8 ^h 0 ^m 35 ^s	15500	76	-59.7
22 10	4500	414	-25.1	2 3	16000	70	-59.4 _i
24 35	5000	386	-28.7	3 23	16500	65	-61.6
25 16	5140	379	-29.5 _{gd}	4 39	17000	60	-63.6
26 21	5350	368	-29.7	5 49	17500	55	-64.2
27 3	5500	360	-30.2	6 59	18000	51	-64.8
29 20	6000	336	-32.0	8 8	18500	47	-65.6
30 20	6220	325	-32.8 _{ga}	9 10	19000	43	-66.1
31 36	6500	312	-34.6	10 10	19500	39	-66.3
33 42	7000	290	-37.8	11 21	20000	36	-66.4
35 43	7500	270	-40.9	12 29	20500	33	-66.6
37 39	8000	251	-44.5	13 21	21000	30	-66.8
39 32	8500	233	-48.5	14 11	21500	28	-67.0
41 17	9000	215	-52.0	15 14	22000	26	-67.3
42 54	9500	199	-55.2	16 19	22500	24	-67.5
44 26	10000	184	-58.6	17 20	22760	23	-69.1

La température minima est - 69°7 à 21180^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 25 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 690 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Jukkasjärvi à 16 Km. à l'E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 53 ^m 0 ^s	500	710	-11.4	7 ^h 28 ^m 29 ^s	8500	236	-47.3
55 28	960	669	-13.6	30 6	9000	219	-49.0
55 41	1000	665	-13.5	31 45	9500	202	-50.6
58 3	1320	638	- 7.6 i	32 27	9720	195	-51.4 gd
6 ^h 59 ^m 13 ^s	1500	623	- 8.4	33 20	10000	187	-51.8
7 ^h 0 ^m 5 ^s	1640	612	- 9.7 gd	34 53	10500	173	-52.8
1 0	1780	601	-10.3 ga	36 7	10910	162	-53.0
2 28	2000	584	-12.1	36 23	11000	160	- 52.9
5 24	2500	546	-16.0	37 49	11500	148	-52.7
6 46	2760	528	-17.9	39 7	12000	137	-52.6
7 43	2960	514	-16.0 i	40 17	12500	127	-52.6
7 54	3000	511	-16.1	41 30	13000	118	-52.5
10 11	3500	479	-18.2	42 45	13500	109	-52.4 i
12 20	4000	448	-21.3	43 57	14000	101	-52.4
14 25	4500	418	-24.4	45 8	14500	93	-52.6
16 28	5000	390	-27.5	46 24	15000	86	-52.8
18 25	5500	364	-30.6	47 33	15500	80	-52.8
20 7	5950	342	-33.4 gd	48 38	16000	74	-52.8
20 18	6000	339	-33.5	49 43	16500	68	-52.8
21 20	6280	326	-33.7 ga	50 45	17000	63	-52.8
22 6	6500	316	-34.8	51 40	17500	58	-52.8
23 48	7000	293	-37.6	52 33	18000	54	-52.8
25 24	7500	273	-40.7	53 36	18500	50	-53.1
26 58	8000	253	-42.2	53 38	18510	50	-53.1
28 16	8430	238	-47.1 gd				

Température minima (- 53^o.9) à 16630^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 27 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 650 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. diamètre.

Retrouvé à Öfre Soppero à 68 Km. au N 65 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 55 ^m 0 ^s	500	702	-14.2	7 ^h 21 ^m 47 ^s	5500	356	-35.6
56 29	720	682	-15.1	24 17	6000	332	-39.5
6 ^h 57 ^m 44 ^s	1000	658	-11.6 _{<i>i</i>}	26 51	6500	308	-43.3
7 ^h 1 ^m 1 ^s	1500	616	-14.0	29 42	7000	286	-46.4
1 56	1740	596	-15.3	31 0	7210	277	-47.5 _{<i>gd</i>}
2 48	1970	579	-13.4 _{<i>i</i>}	32 59	7500	265	-48.0
2 55	2000	577	-13.5	36 11	8000	246	-49.2
5 51	2500	539	-15.6	39 14	8500	227	-50.1
8 55	3000	504	-19.0	41 14	8820	216	-51.2
11 40	3500	472	-22.4	42 25	9000	210	-50.3
14 20	4000	441	-25.7	44 38	9250	203	-46.1 _{<i>i</i>}
16 54	4500	411	-29.3	47 1	9450	197	-48.8
18 40	4860	390	-32.0 _{<i>gd</i>}	47 46	9500	195	-48.6
19 21	5000	383	-32.3	52 30	9720	189	-45.4
19 41	5070	379	-32.5 _{<i>ga</i>}				

Il y a un peu d'incertitude sur la concordance des températures et des pressions et par suite des altitudes.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 29 Février 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 670 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Lyngen (Norvège) à 190 Km. au N de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 58 ^m 0 ^s	500	712	- 8.0	7 ^h 5 ^m 43 ^s	2000	586	-11.5
7 ^h 0 ^m 48 ^s	1000	667	-10.3	5 50	2020	584	-11.6
1 22	1100	659	-10.5	6 22	2130	576	-11.4 _{<i>i</i>}
2 6	1250	646	-10.1 _{<i>i</i>}	8 20	2500	549	-13.2
3 16	1500	625	-11.0	10 48	3000	513	-16.4
4 21	1740	606	-11.8	11 6	3070	509	-16.8
5 5	1890	594	-11.2 _{<i>i</i>}				

Le mouvement s'arrête.

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 1 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 660 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Wuokasenkursu à 140 Km. au N 55 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 39 ^m 0 ^s	500	718	— 9.6	7 ^h 10 ^m 8 ^s	6500	319	—42.8
39 26	560	712	— 8.2	11 54	7000	295	—47.6
39 45	600	709	— 8.2	13 34	7500	274	—51.2
40 8	650	704	— 7.5	15 8	8000	253	—54.9
41 36	840	687	— 7.5	16 35 ¹	8500	234	—53.8
43 28	1000	673	— 5.6	18 5	9000	216	—56.4
43 41	1040	670	— 5.5 _i	19 31	9500	200	—58.5
46 7	1500	631	— 6.8	20 33	9850	189	—59.7
47 6	1680	617	— 7.9	20 59	10000	185	—59.5
48 49	2000	592	— 8.7	22 26	10500	170	—58.7
49 52	2200	577	— 9.4 _{ga}	23 50	11000	157	—56.9
51 27	2500	555	—11.3	25 8	11500	145	—55.5
54 8	3000	520	—14.6	26 24	12000	134	—55.6
56 40	3500	486	—18.3	27 36	12500	124	—56.2
58 40	3920	459	—22.1 _{gd}	28 48	13000	115	—56.5
59 1	4000	454	—22.3	30 1	13500	106	—56.2
6 ^h 59 ^m 43 ^s	4150	445	—22.7 _{ga}	31 20	14000	98	—55.6
7 ^h 1 ^m 22 ^s	4500	424	—25.3	32 34	14500	91	—55.4
3 45	5000	395	—29.7	33 44	15000	84	—56.6
5 59	5500	368	—34.0	34 53	15500	77	—56.4
8 8	6000	343	—38.0	35 20	15700	75	—56.2

¹ Le thermomètre n'a pas marqué de 7^h 16^m à 7^h 32^m. Les températures données sont celles de la descente; les températures de la montée semblent être plus froides de 2° à 5°, jusque vers 10,000 m.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

2^{ème} Ballon du 1^{er} Mars 1907.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 690 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Karesuando à 115 Km. au N 45 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
2 ^h 47 ^m 0 ^s	500	719	— 7.7	96	2 ^h 53 ^m 32 ^s	1890	602	— 6.9	35
49 0	910	682	—10.4	96	54 0	2000	593	— 7.0	34
49 26	1000	674	— 8.7	85	54 19	2070	588	— 7.1 _{ga}	34
50 59	1330	646	— 5.1 _i	66	56 7	2500	556	— 9.5	31
51 46	1500	632	— 5.6	49	2 ^h 58 ^m 15 ^s	3000	520	—12.6	28
53 1	1770	611	— 6.7 _{gd}	39	3 ^h 0 ^m 22 ^s	3500	487	—15.9	27

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
3 ^h 2 ^m 27 ^s	4000	455	-19.2	27	3 ^h 24 ^m 40 ^s	11000	163	-57.4	
4 29	4500	425	-22.6	27	25 51	11500	150	-54.9	
5 43	4820	407	-25.0 _{gd}	26	27 1	12000	139	-52.8	
6 26	5000	397	-25.6	26	28 6	12480	129	-51.7	
7 0	5150	389	-26.0 _{ga}	26	28 9	12500	128	-51.7 _i	
8 16	5500	371	-27.8	26	29 16	13000	118	-52.8	
10 2	6000	346	-31.1	27	30 32	13500	110	-52.1	
10 31	6140	339	-31.6 _{ga}	27	31 54	14000	102	-52.9	
11 43	6500	322	-34.0	27	33 19	14500	94	-52.4	
13 18	7000	299	-37.5	26	34 43	15000	87	-52.2	
14 44	7500	278	-40.7		36 7	15500	80	-52.6	
16 17	8000	259	-44.3		37 28	16000	74	-53.0	
17 47	8500	240	-47.7		38 43	16500	68	-53.8	
19 14	9000	222	-50.9		39 51	17000	63	-55.3	
20 44	9500	206	-53.9		40 57	17500	59	-56.1	
22 7	10000	190	-56.2		41 58	18000	55	-55.5	
23 26	10500	176	-58.2		42 37	18330	52	-55.2	
23 43	10610	173	-58.5						

La baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 5 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2100 gr. Poids de l'équipement 630 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Osmark par Liland (Norvège) à 150 Km. au S 45 W de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempe- rature
6 ^h 10 ^m 0 ^s	500	720	-11.8	6 ^h 34 ^m 48 ^s	5000	399	-23.7
10 19	560	714	-12.1	37 7	5500	373	-27.6
11 32	740	698	-11.3 _i	39 28	6000	347	-31.4
13 13	1000	674	-11.5	41 40	6500	323	-35.0
13 21	1020	673	-11.5	43 43	7000	301	-38.4
15 41	1360	644	-4.3 _i	45 39	7500	279	-41.6
16 37	1500	632	-4.5	47 35	8000	259	-45.4
19 12	2000	593	-7.0	49 52	8500	240	-49.5
21 52	2500	556	-8.9	52 8	9000	222	-52.8
24 33	3000	521	-11.4	53 55	9500	206	-55.5
27 15	3500	488	-14.5	55 54	10000	190	-59.6
27 33	3560	484	-15.0 _{gd}	6 ^h 58 ^m 6 ^s	10500	175	-62.0 _{gd}
28 57	3840	467	-15.2 _{ga}	7 ^h 0 ^m 5 ^s	11000	162	-64.4
29 43	4000	457	-16.3	1 48	11500	149	-66.1
32 14	4500	427	-20.0	2 20	11660	145	-66.6 _{it}

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 3 ^m 4 ^s	11870	140	-66.6	7 ^h 10 ^m 41 ^s	14500	90	-67.5
3 29	12000	137	-66.8	12 18	15000	83	-66.1
4 19	12270	131	-67.5	13 44	15500	76	-64.4
5 0	12500	126	-67.2	14 46	15880	72	-63.7 _i
5 35	12700	122	-66.9	15 4	16000	70	-63.8
6 20	13000	116	-67.5	16 19	16500	65	-64.2
7 13	13320	110	-68.7	17 45	17000	60	-63.6
7 41	13500	107	-68.6	19 5	17500	55	-62.4
9 4	14000	98	-68.4	20 21	18000	51	-61.6

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 7 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2100 gr. Poids de l'équipement 690 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à la station de Rautas à 22 Km. au N 40 W de Kiruna.

i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
5 ^h 53 ^m 0 ^s	500	720	-22.2	6 ^h 33 ^m 44 ^s	8000	253	-54.1
56 19	1000	674	- 6.2 _i	35 12	8300	241	-56.4 _{gd}
5 ^h 59 ^m 22 ^s	1500	632	- 9.2	35 58	8500	233	-57.0
6 ^h 2 ^m 39 ^s	2000	593	-11.8	37 51	9000	215	-59.8
5 33	2500	555	-14.7	39 30	9380	203	-61.6
8 13	3000	519	-17.5	39 56	9500	199	-61.2
10 55	3500	485	-21.0	41 45	10000	184	-60.0
13 38	4000	453	-24.5	43 24	10500	170	-60.3
14 10	4090	448	-25.1 _{gd}	45 11	11000	157	-59.3
16 22	4500	423	-27.2	46 45	11500	144	-58.5
19 9	5000	395	-30.2	48 10	12000	133	-58.4
21 11	5360	375	-32.7 _{ga}	49 33	12500	123	-58.8
21 59	5500	367	-34.0	50 47	13000	114	-58.4
24 19	6000	342	-38.2	51 58	13500	105	-57.9
26 40	6500	317	-42.1	53 5	14000	97	-57.5
29 5	7000	295	-46.3	54 8	14500	90	-57.0
31 23	7500	273	-50.4	55 45	14830	85	-57.3

Le baromètre est corrigé de la température.

2^e Ballon du 7 Mars 1907.

Force ascensionnelle 3600 gr. Poids de l'équipement 650 gr.

Un ballon caoutchouc de 2000 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
5 ^h 29 ^m 0 ^s	500	721	-18.2	5 ^h 50 ^m 38 ^s	5500	368	-33.2
31 6	1000	675	- 8.2	52 31	6000	342	-37.3
31 24	1060	670	- 8.1 _i	54 14	6500	318	-41.0
33 28	1500	633	-10.0	55 51	7000	295	-44.4
34 25	1700	617	-10.8 _{gd}	57 27	7500	274	-48.2
35 54	2000	593	-11.8 _{ga}	5 ^h 59 ^m 1 ^s	8000	254	-51.7
38 12	2500	555	-14.6	6 ^h 0 ^m 30 ^s	8500	235	-54.8
40 29	3000	520	-18.1	1 54	9000	217	-57.4 _{gd}
42 46	3500	486	-21.0	3 9	9500	201	-58.4
45 2	4000	453	-23.9	4 19	10000	185	-59.5
47 2	4500	423	-26.7	5 14	10240	178	-60.4
48 54	5000	395	-29.5 _{ga}				

Température minima (- 60°.9) à 9800^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 9 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2600 gr. Poids de l'équipement 710 gr.

Un ballon caoutchouc de 1700 mm. de diamètre.

Retrouvé à Jukkasjärvi à 16 Km. à l'E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
5 ^h 43 ^m 0 ^s	500	720	- 8.9	59	6 ^h 12 ^m 18 ^s	6500	318	-41.7	48
45 42	1000	675	-11.4 _{gd}	78	14 16	7000	295	-45.6	
46 30	1180	659	-12.1 _{ga}	82	15 58	7500	273	-49.2	
48 17	1500	631	-15.1	94	17 44	8000	253	-53.0	
49 25	1700	615	-16.6	100	19 15	8500	234	-57.2	
50 15	1860	602	-14.3	94	20 44	9000	216	-61.0	
50 57	2000	591	-14.1	79	22 15	9450	201	-61.7	
53 7	2440	558	-13.8 _i	52	22 25	9500	199	-61.5	
53 26	2500	553	-13.9	51	24 0	10000	184	-59.8	
55 53	3000	517	-16.6	48	25 35	10500	169	-58.8	
57 5	3260	500	-18.3 _{gd}	47	27 10	11000	157	-56.4	
58 21	3500	484	-19.0 _{ga}	52	28 45	11500	145	-54.7	
6 ^h 0 ^m 34 ^s	4000	452	-22.1	62	30 21	12000	134	-54.2	
3 3	4500	422	-25.9	61	31 51	12500	124	-54.2	
5 28	5000	394	-29.2	54	32 55	13000	115	-54.1	
7 48	5500	367	-33.1	51	34 20	13400	107	-54.2	
10 3	6000	342	-37.2	48					

Température minima (- 62°.8) à 9080 mètres à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 10 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2200 gr. Poids de l'équipement 700 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Svappavaara à 45 Km. au S 50 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure a.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
5 ^h 50 ^m 0 ^s	500	723	-18.4	52	6 ^h 26 ^m 47 ^s	7500	271	-49.0	51
52 48	960	680	-19.3	56	29 10	8000	251	-51.9	
53 3	1000	676	-19.2	57	30 51	8500	232	-54.5	
55 42	1500	632	-17.2	70	33 16	9000	215	-57.0	
56 16	1570	626	-16.9 _i	72	34 37	9350	203	-58.1	
5 ^h 58 ^m 39 ^s	2000	591	-19.0	82	35 11	9500	198	-58.0	
6 ^h 1 ^m 4 ^s	2500	552	-22.8	97	37 0	10000	183	-57.2	
1 22	2570	547	-23.2	100	38 49	10500	169	-56.2	
2 57	2900	523	-20.3 _i	78	40 40	11000	156	-55.6	
3 34	3000	516	-20.4	73	42 29	11500	145	-55.0	
6 25	3500	482	-22.8	64	44 11	12000	134	-54.2	
7 38	3750	466	-25.1 _{gd}	72	45 50	12500	124	-53.5 _i	
8 52	4000	450	-25.6	76	47 17	13000	114	-54.2	
9 16	4080	445	-25.8 _{ga}	75	48 38	13500	106	-54.9	
11 35	4500	420	-28.6	80	49 58	14000	98	-55.4	
12 18	4640	412	-29.4	83	51 11	14500	90	-55.4	
14 15	5000	391	-32.1	77	52 21	15000	83	-55.3	
16 58	5500	364	-35.3	61	53 36	15500	77	-57.0	
19 35	6000	339	-38.8	56	54 55	16000	71	-58.2	
22 5	6500	315	-42.2	55	56 19	16500	66	-59.1	
24 28	7000	292	-45.7	52	57 2	16880	62	-59.8	

Température minima (- 61.2) à 16780^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 11 Mars 1908.

Force ascensionnelle 1600 gr. Poids de l'équipement 700 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kalixfors à 12 Km. au S 10 W de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
5 ^h 44 ^m 0 ^s	500	726	-28.9	5 ^h 52 ^m 1 ^s	1500	634	-17.0
44 12	525	724	-29.1	54 25	1790	611	-15.5 _i
47 36	950	683	-16.2 _i	55 56	2000	594	-16.3
47 59	1000	679	-16.4	5 ^h 59 ^m 20 ^s	2500	555	-18.2
49 37	1210	660	-17.5	6 ^h 2 ^m 57 ^s	3000	519	-21.1

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 6 ^m 32 ^s	3500	485	-24.2	6 ^h 48 ^m 57 ^s	10500	167	-65.0
10 1	4000	452	-27.5	51 36	11000	154	-64.3
13 31	4500	422	-30.9	53 59	11500	142	-62.4
16 44	5000	393	-34.7	56 11	12000	131	-62.0
19 40	5500	365	-37.9	6 ^h 58 ^m 17 ^s	12500	121	-62.0?
22 34	6000	340	-40.5	7 ^h 0 ^m 22 ^s	13000	112	-62.0?
25 40	6500	316	-44.1	2 22	13500	103	-62.0
28 47	7000	293	-47.5	4 27	14000	95	-62.3
32 2	7500	271	-51.1	6 34	14500	88	-63.2
35 9	8000	251	-55.1	8 40	15000	81	-63.5
38 4	8500	232	-58.9	10 46	15500	75	-63.3
40 56	9000	214	-62.8	12 42	16000	69	-63.4
43 53	9500	197	-65.7	14 40	16500	63	-63.0
43 38	9860	186	-66.3	16 38	17000	58	-61.6
46 20	10000	182	-66.1	17 37	17260	56	-61.0

Le baromètre est corrigé de la température.

OBSERVATIONS

ANNÉE 1908.

2) BALLONS LANCÉS À GÖTEBORG.

Ballon du 28 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2500 gr. Poids de l'équipement 650 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Grästorp à 85 Km. au N 28 E de Göteborg.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
6 ^h 33 ^m 0 ^s	3	764	+ 6.4	76	6 ^h 52 ^m 37 ^s	4000	459	-11.8	40
33 30	110	754	+ 6.0	72	55 9	4500	430	-15.3 ^{gd}	34
34 33	300	737	+ 6.6 _{i}	69	57 38	5000	402	-17.4 ^{ga}	32
35 31	500	719	+ 6.0	64	6 ^h 59 ^m 49 ^s	5500	376	-21.0	29
36 47	760	696	+ 4.6	59	7 ^h 2 ^m 12 ^s	6000	351	-24.4	29
38 7	1000	675	+ 3.1	60	4 27	6500	328	-27.2	29
40 42	1500	633	- 0.9	72	4 49	6580	324	-27.6 ^{gd}	29
42 59	2000	595	- 4.9	84	5 59	6920	309	-28.4 ^{ga}	29
45 13	2500	558	- 8.2	86	6 18	7000	305	-28.9	
46 47	2820	535	-10.5	93	8 11	7500	285	-32.5	
47 39	2970	525	-11.1	73	9 55	8000	265	-35.8	
47 50	3000	523	-11.0	70	11 39	8500	247	-39.3	
50 25	3500	490	-10.1 _{i}	48	13 3	8910	232	-41.8	

Le mouvement d'horlogerie s'arrête.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 29 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2500 gr. Poids de l'équipement 600 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Kilanda à 50 Km. au N 35 E de Göteborg.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
6 ^h 46 ^m 0 ^s	3	764	+ 6.0	86	7 ^h 10 ^m 29 ^s	4500	430	-16.7	37
46 45	110	754	+ 6.0	88	12 53	5000	402	-19.5	35
47 30	230	743	+ 6.8 _{i}	80	15 5	5500	376	-21.5	35
49 6	500	719	+ 5.0	76	16 9	5750	363	-22.3 ^{ga}	35
50 10	680	703	+ 3.5	74	17 11	6000	351	-23.8	34
52 3	1000	675	+ 0.7	79	19 14	6500	328	-26.8	33
54 11	1360	646	- 1.8 ^{gd}	82	21 9	7000	305	-30.0	32
54 58	1500	635	- 1.9	80	22 58	7500	285	-33.6	32
55 31	1600	627	- 2.0 ^{ga}	78	24 43	8000	265	-37.0	32
6 ^h 57 ^m 47 ^s	2000	596	- 4.2	72	26 27	8500	246	-40.2	
7 ^h 0 ^m 25 ^s	2500	559	- 6.5	64	28 19	9000	228	-43.8	
1 27	2700	545	- 7.8	58	30 9	9500	212	-47.2	
2 58	3000	524	- 9.4	61	31 46	10000	197	-50.0	
5 32	3500	491	-11.6	47	33 22	10500	182	-53.0	
7 56	4000	460	-13.7	41	34 56	11000	168	-55.3	

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
7 ^h 36 ^m 27 ^s	11500	156	-57.2		7 ^h 45 ^m 48 ^s	15000	90	-53.2	
37 24	11850	147	-58.7		46 56	15500	83	-53.7	
37 50	12000	144	-58.5		48 00	16000	77	-54.4	
39 20	12500	133	-56.1		49 13	16500	71	-54.4	
40 46	13000	123	-53.8		50 27	17000	66	-54.4	
42 6	13500	114	-52.3 _i		51 41	17500	61	-54.6	
43 17	14000	105	-52.8		52 30	17800	58	-54.7	
44 29	14500	97	-53.2						

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 30 Mars 1908.

Force ascensionnelle 3500 gr. Poids de l'équipement 680 gr.

Un ballon caoutchouc de 1900 mm. de diamètre.

Retrouvé à Källunga à 90 Km. au N 45 E de Göteborg.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
6 ^h 42 ^m 0 ^s	3	759	+ 2.7	100	7 ^h 15 ^m 38 ^s	7930	260	-41.1 _{ga}	
43 5	150	745	+ 2.7 _{it}	91	15 53	8000	257	-41.5	
44 41	500	713	+ 0.9	78	17 29	8500	239	-44.5	
44 51	540	710	+ 0.6	76	18 53	9000	222	-47.7	
46 7	840	684	- 1.4	79	19 19	9170	216	-48.7 _{gd}	
46 50	1000	670	- 2.8	77	20 15	9500	205	-49.8	
49 9	1500	629	- 6.4	62	21 42	10000	190	-51.2	
49 26	1560	624	- 6.7 _{gd}	60	23 2	10500	176	-53.2	
50 6	1710	612	- 6.9 _{ga}	52	23 30	10680	171	-54.0	
51 20	2000	590	- 8.4	45	24 13	11000	163	-53.6	
53 23	2500	553	-11.5	40	25 24	11500	151	-53.1	
55 33	3000	518	-15.2	38	26 37	12000	140	-52.1	
56 53	3380	492	-17.2 _{it}	37	27 51	12500	129	-51.1	
57 23	3450	487	-17.2	37	29 3	13000	119	-50.1 _i	
57 35	3500	484	-17.3	37	30 8	13500	111	-50.7	
58 48	3800	465	-17.9 _{ga}	36	31 12	14000	103	-51.4	
6 ^h 59 ^m 36 ^s	4000	453	-18.8	35	32 15	14500	95	-51.9	
7 ^h 1 ^m 39 ^s	4500	423	-21.8	34	33 19	15000	88	-52.6	
2 32	4710	411	-23.0 _{it}	34	34 25	15500	81	-53.2	
3 26	4930	399	-23.0	34	35 38	16000	75	-53.6	
3 43	5000	395	-23.3	34	36 50	16500	69	-54.2	
5 56	5500	369	-26.4	33	38 2	17000	64	-54.6	
8 6	6000	344	-30.3	33	39 4	17500	59	-54.9	
10 9	6500	321	-34.3		40 5	18000	55	-55.0	
12 0	7000	298	-38.8		41 15	18500	51	-55.0	
12 28	7120	293	-39.6 _{gd}		42 29	19000	47	-55.2	
13 51	7450	279	-40.7		43 55	19500	43	-55.8	
14 1	7500	277	-40.8		45 16	19860	41	-56.9	

La température minima (-57.2) se produit à 19560^m à la descente.

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 31 Mars 1908.

Force ascensionnelle 2500,gr. Poids de l'équipement 630 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Engebacken à 75 Km. au N 5 E de Göteborg.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 41 ^m 0 ^s	3	745	+ 3.0	6 ^h 26 ^m 13 ^s	10000	188	-43.0
44 0	500	700	+ 0.4	28 0	10500	175	-42.9
47 3	1000	658	- 1.7	29 23	11000	162	-42.6
49 55	1500	618	- 4.2	30 45	11500	151	-42.8
52 21	2000	579	- 6.7	32 7	12000	140	-43.1
54 51	2500	543	- 9.8	33 26	12500	130	-42.7
57 10	3000	509	-12.8	34 5	12750	125	-42.5 i
6 ^h 59 ^m 44 ^s	3500	476	-15.8	34 43	13000	121	-43.0
7 ^h 2 ^m 4 ^s	4000	445	-18.9	35 58	13500	112	-44.0
4 4	4500	416	-21.9	37 11	14000	104	-45.4
6 26	5000	389	-24.9	38 23	14500	96	-45.8
8 33	5500	363	-28.4	39 39	15000	89	-45.5
10 28	6000	338	-31.4	40 45	15500	83	-45.5
12 23	6500	315	-34.6	41 46	16000	77	-45.8
12 52	6610	310	-35.4 gd	42 44	16500	71	-46.3
14 36	7000	293	-36.5	43 42	17000	66	-47.0
16 45	7500	273	-38.7	45 0	17500	61	-47.7
18 45	8000	253	-41.4	46 30	18000	56	-48.1
19 12	8120	249	-41.9 gd	47 53	18500	52	-48.6
20 41	8500	235	-42.6	49 9	19000	48	-49.5
22 30	9000	218	-43.8	50 30	19500	45	-50.1
24 5	9420	205	-44.3	52 13	20000	42	-50.7
24 23	9500	203	-44.2	54 5	20450	39	-50.9

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 1 Avril 1908.

Force ascensionnelle 2100 gr. Poids de l'équipement 400 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à 80 Km. au N 22 E de Göteborg.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 13 ^m 0 ^s	20	747	+ 4.2	7 ^h 25 ^m 5 ^s	2000	582	- 8.1
14 29	200	731	+ 2.8 gd	27 51	2500	545	-12.6
15 52	420	711	+ 2.6 ga	30 46	3000	510	-17.0
16 13	500	704	+ 2.3	33 8	3500	477	-20.4
19 5	1000	661	- 1.4	36 8	4000	446	-25.0
21 59	1500	620	- 4.6	39 21	4500	416	-29.8

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
7 ^h 42 ^m 32 ^s	5000	387	-34.1	8 ^h 5 ^m 49 ^s	9000	213	-46.1
45 27	5500	360	-37.6	8 21	9500	197	-46.2
48 20	6000	335	-40.9	11 11	10000	183	-46.4
50 27	6330	319	-43.5 _{ga}	13 52	10500	170	-46.6
52 3	6500	311	-46.0	16 34	11000	158	-47.6
52 29	6550	309	-46.7 _{gd}	19 3	11500	146	-49.1
54 44	7000	288	-48.4	21 13	12000	135	-50.1
55 48	7170	281	-49.1	23 48	12500	125	-50.1
7 ^h 57 ^m 36 ^s	7500	267	-47.8	26 50	13000	116	-50.9
8 ^h 0 ^m 54 ^s	8000	248	-46.9	30 17	13500	108	-52.7
3 46	8500	230	-46.0 _i	33 25	13900	101	-54.3

La vitesse verticale est très variable.

La baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 2 Avril 1908.

Force ascensionnelle 2100 gr. Poids de l'équipement 500 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé près de Halmstad à 130 Km. au S 30 E de Göteborg.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature
6 ^h 50 ^m 0 ^s	3	760	+ 4.2	7 ^h 34 ^m 36 ^s	8000	259	-45.1
53 34	500	715	+ 0.7 _{gd}	37 0	8500	241	-49.2
6 ^h 57 ^m 11 ^s	1000	671	- 1.1 _{ga}	38 27	8860	228	-53.3 _{gd}
7 ^h 0 ^m 23 ^s	1500	630	- 4.2	38 57	9000	223	-53.9
3 17	2000	591	- 7.6	40 47	9500	206	-55.1
5 54	2420	560	- 9.0	41 52	9830	196	-55.3
6 23	2500	554	- 8.5	42 29	10000	191	-54.9
7 17	2680	541	- 8.2 _i	44 15	10500	176	-51.3 _i
8 51	3000	519	- 9.6	46 6	11000	164	-52.2
11 37	3500	486	-12.7	48 13	11500	152	-53.0
14 16	4000	455	-16.0	50 17	12000	140	-53.8
16 28	4380	433	-18.4 _{it}	52 12	12500	129	-55.1
17 8	4500	426	-18.4	54 48	13000	119	-56.2
19 56	5000	398	-20.6	57 4	13500	110	-56.3
22 12	5500	372	-22.9	7 ^h 59 ^m 1 ^s	14000	102	-55.3
24 46	6000	347	-28.8	8 ^h 0 ^m 34 ^s	14500	94	-55.6
27 17	6500	323	-33.2	1 51	15000	87	-55.9
29 39	7000	301	-36.0	3 16	15500	81	-56.4
32 6	7500	280	-41.1	4 28	15880	76	-56.5

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

OBSERVATIONS

ANNÉE 1909.

Ballon du 18 Août 1909.

Force ascensionnelle 2050 gr. Poids de l'équipement 715 gr.

Un ballon caoutchouc de 1600 mm. de diamètre.

Retrouvé à Enontekis à 150 Km. au N 65 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 31 ^m 0 ^s	510	713	+ 9.8	99	9 ^h 1 ^m 12 ^s	7500	290	-28.8	34
33 50	1000	672	+ 7.1 _{it}	100	3 5	8000	270	-33.1	34
35 23	1300	648	+ 7.1	99	4 57	8500	252	-35.7	34
36 19	1500	632	+ 6.5	99	6 42	9000	234	-39.6	
38 30	2000	594	+ 4.4	98	8 26	9500	217	-43.5	
40 19	2450	563	+ 1.5 _{gd}	95	9 28	9800	208	-46.0 _{gd}	
40 30	2500	559	+ 1.4	95	10 8	10000	202	-46.9	
41 36	2750	542	+ 0.2 _{ga}	96	11 50	10500	187	-49.3	
42 5	2850	535	- 2.0 _{gd}	95	12 4	10570	185	-49.4	
42 47	3000	525	- 2.9	93	13 26	11000	173	-48.1	
43 30	3150	514	- 3.5	91	14 57	11500	161	-47.6	
44 42	3400	498	- 4.3 _{it}	76	16 18	12000	149	-47.3	
45 11	3500	492	- 4.3	68	17 42	12500	138	-47.8	
47 31	4000	462	- 5.6	53	19 11	13000	128	-47.6	
49 47	4500	434	- 8.7	49	20 37	13500	118	-47.2	
52 6	5000	407	-11.6	44	21 55	14000	110	-46.7	
54 8	5500	380	-14.7	40	23 11	14500	102	-46.0	
55 53	6000	355	-17.7	37	24 22	15000	95	-46.5	
57 35	6500	333	-20.9	35	25 53	15500	88	-46.6	
8 ^h 59 ^m 22 ^s	7000	311	-24.7	34	26 7	15560	87	-46.6	

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 19 Août 1909.

Force ascensionnelle 3000 gr. Poids de l'équipement 680 gr.

Deux ballons caoutchouc de 1650 mm. de diamètre.

Retrouvé à Öfre Soppero à 68 Km. au N 65 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 24 ^m 0 ^s	510	712	+12.8	92	8 ^h 33 ^m 17 ^s	2910	531	+ 0.3 _{gd}	73
25 53	1000	671	+10.4	99	33 37	3000	525	0.0	62
27 48	1500	631	+ 8.3	100	35 28	3500	494	- 0.3	36
27 59	1550	628	+ 8.1	100	36 1	3650	485	- 0.5 _{ga}	33
29 48	2000	594	+ 6.1	96	37 16	4000	464	- 2.0	29
31 45	2500	559	+ 3.8	92	39 1	4500	435	- 5.0	30
31 59	2560	555	+ 3.6	92	40 49	5000	408	- 8.2	32
32 26	2680	547	+ 3.1 _{ga}	87	41 14	5110	402	- 9.0 _{gd}	33

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 42 ^m 39 ^s	5500	382	-10.6	31	9 ^h 2 ^m 31 ^s	11500	163	-57.5	
44 23	6000	358	-13.6	29	4 6	12000	150	-61.9	
46 2	6500	335	-17.7	27	4 44	12160	146	-62.5	
47 32	7000	314	-22.1	26	6 2	12500	138	-57.2	
48 1	7160	307	-23.5 _{gd}	26	7 46	13000	128	-53.4	
48 59	7500	293	-25.3	25	9 28	13500	119	-50.2	
50 26	8000	273	-28.1	24	11 17	14000	110	-48.0	
51 56	8500	254	-31.2 _{ga}	24	12 0	14190	107	-47.6 _{gd}	
53 45	9000	237	-36.0	24	13 13	14500	102	-47.8	
55 29	9500	220	-40.2	24	15 5	15000	95	-49.1	
57 17	10000	205	-44.7	24	16 55	15500	88	-47.8	
8 ^h 59 ^m 6 ^s	10500	190	-48.9		18 45	15940	82	-47.6	
9 ^h 0 ^m 51 ^s	11000	176	-53.1						

Le baromètre est corrigé de la température.

2ème Ballon du 19 Août 1909.

Force ascensionnelle 2480 gr. Poids de l'équipement 685 gr.

Un ballon caoutchouc de 1750 mm. de diamètre.

Retrouvé à Öfre Soppero à 68 Km. au N 65 E de Kiruna.

i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 43 ^m 0 ^s	510	712	+12.0	100	9 ^h 17 ^m 26 ^s	8500	255	-30.1	27
45 27	1000	671	+10.9	96	18 58	9000	237	-34.0	27
46 59	1280	649	+ 9.7	94	20 19	9500	221	-37.8	26
48 9	1500	632	+ 8.9	97	21 43	10000	205	-41.4	
48 25	1550	628	+ 8.8	98	23 9	10500	190	-44.6	
50 57	2000	595	+ 6.1 _{gd}	94	24 40	11000	177	-47.9	
53 12	2500	559	+ 4.3 _{ga}	88	26 6	11500	164	-51.8	
53 53	2670	547	+ 3.1	87	27 29	12000	152	-56.0	
55 12	2990	526	- 1.3	65	28 46	12500	140	-60.3	
55 15	3000	525	- 1.3	64	29 31	12800	133	-62.9	
57 21	3420	498	- 0.9 _i	44	30 0	13000	129	-60.7	
8 ^h 57 ^m 46 ^s	3500	493	- 1.0	42	31 13	13500	119	-55.1	
9 ^h 0 ^m 10 ^s	4000	464	- 2.8	34	32 24	14000	110	-51.0	
2 22	4500	435	- 5.3	32	32 59	14260	106	-49.3	
4 33	5000	408	- 8.4	32	33 33	14500	102	-48.8	
5 56	5320	392	-10.7 _{gd}	32	34 43	15000	94	-48.5	
6 38	5500	383	-10.9	32	35 50	15500	88	-48.2	
7 00	5590	378	-11.1 _{ga}	32	36 56	16000	82	-47.8	
8 31	6000	358	-13.6	31	38 11	16500	76	-47.7	
10 23	6500	335	-17.3	30	39 24	17000	70	-47.8	
12 15	7000	313	-21.3	29	40 33	17500	65	-47.8	
12 26	7050	311	-21.8 _{gd}	29	41 40	18000	60	-47.2	
12 59	7200	305	-22.0 _{ga}	28	42 46	18500	55	-46.3	
14 2	7500	293	-23.6	28	43 36	18850	53	-45.8	
15 47	8000	273	-27.1	27					

Le baromètre est corrigé de la température.

1^{er} Ballon du 20 Août 1909.

Force ascensionnelle 2500 gr. Poids de l'équipement 760 gr.

Un ballon caoutchouc de 1750 mm. de diamètre.

Retrouvé à Lannevaara à 70 Km. au N 45 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 25 ^m 0 ^s	510	710	+12.7	94	8 ^h 47 ^m 54 ^s	6000	358	-15.0	31
26 59	870	680	+13.0 i	98	49 45	6500	335	-18.7	31
27 15	920	676	+12.9	100	51 32	7000	313	-22.3	30
27 41	1000	669	+12.6	96	53 16	7500	292	-25.9	30
30 14	1500	630	+ 9.7	71	54 54	8000	273	-29.4	30
30 59	1650	619	+ 8.8	61	56 35	8500	254	-33.6	31
32 7	1920	599	+ 6.7	66	8 ^h 58 ^m 14 ^s	9000	237	-37.3	
32 27	2000	593	+ 6.2	62	9 ^h 0 ^m 1 ^s	9500	220	-41.4	
33 0	2130	584	+ 5.7	48	2 0	10000	204	-46.3	
34 25	2500	558	+ 6.4	32	3 52	10440	191	-50.2 gd	
34 48	2600	551	+ 6.8 i	31	4 8	10500	189	-50.4	
36 15	3000	525	+ 4.4	31	6 25	11000	175	-53.7	
38 4	3500	494	+ 2.4	30	7 21	11200	170	-55.4	
39 58	4000	464	- 1.2	30	8 35	11460	164	-55.4	
41 59	4500	435	- 4.9	30	8 46	11500	162	-55.2	
44 2	5000	408	- 8.2	30	10 59	12000	150	-51.9	
46 0	5500	383	-11.2	31	11 17	12090	148	-51.7	

Le baromètre est corrigé de la température.

2^{ème} Ballon du 20 Août 1909.

Force ascensionnelle 2050 gr. Poids de l'équipement 735 gr.

Un ballon caoutchouc de 1650 mm. de diamètre.

Retrouvé à Karesuando à 115 Km. au N 55 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 58 ^m 0 ^s	510	710	+12.4	97	9 ^h 17 ^m 38 ^s	4000	463	- 2.0	46
8 ^h 58 ^m 48 ^s	640	699	+13.5 i	97	21 3	4500	435	- 5.1	46
9 ^h 0 ^m 5 ^s	850	682	+12.1 gd	98	24 26	5000	408	- 8.6	44
0 54	1000	670	+11.5	97	27 17	5500	382	-12.2	42
2 1	1200	654	+10.8 ga	95	29 54	6000	358	-16.2	41
3 40	1500	630	+ 8.9	89	32 52	6500	335	-20.3	41
6 34	2000	593	+ 5.8 gd	88	36 32	7000	313	-24.2	40
9 18	2500	558	+ 5.2	62	40 1	7500	292	-27.9	40
10 58	2810	537	+ 4.5 ga	54	42 59	8000	272	-31.9	40
12 1	3000	525	+ 3.1	52	45 40	8500	253	-36.1 ga	
12 44	3130	516	+ 3.5 i	51	48 34	9000	236	-41.5	
14 45	3500	493	+ 1.4	48	51 23	9500	219	-46.4	

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
9 ^h 54 ^m 4 ^s	10000	203	-50.5		10 ^h 10 ^m 47 ^s	13500	118	-45.0	
56 53	10500	187	-53.8		11 8	13590	117	-44.9 _i	
59 32	10970	174	-55.8		12 47	14000	110	-46.3	
9 ^h 59 ^m 42 ^s	11000	173	-55.6		14 53	14500	102	-46.8	
10 ^h 2 ^m 0 ^s	11940	162	-51.4		17 0	15000	95	-47.2	
2 18	11500	160	-51.2		19 21	15500	88	-46.5	
4 39	12000	148	-50.6		21 54	16000	81	-45.5	
6 48	12500	138	-50.0		24 48	16500	75	-45.7	
7 29	12670	134	-49.9		27 23	16800	72	-45.0	
8 48	13000	128	-48.1						

Le baromètre n'est pas corrigé de la température.

Ballon du 23 Août 1909.

Force ascensionnelle 2500 gr. Poids de l'équipement 725 gr.

Un ballon caoutchouc de 1800 mm. de diamètre.

Retrouvé à Öfre Soppero à 68 Km. au N 65 E de Kiruna.

i = inversion. *it* = isothermie. *ga* = gradient augmente. *gd* = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 17 ^m 0 ^s	510	714	+11.0	75	8 ^h 57 ^m 31 ^s	9500	223?	-34.7	
18 27	750	694	+11.5 _i	70?	8 ^h 59 ^m 6 ^s	10000	207?	-37.7	
19 49	1000	673	+10.4	65?	9 ^h 0 ^m 40 ^s	10500	193	-40.7	
22 25	1500	634	+ 7.8	63	0 59	10600	190	-41.0 _{gd}	
25 13	2000	596	+ 5.5	70	2 10	11000	179	-41.6	
26 32	2240	579	+ 4.3	74	2 27	11090	177	-41.7 _{ga}	
27 52	2500	560	+ 3.1	70	4 14	11500	167	-44.0	
30 17	3000	526	+ 1.0?	69	6 54	12000	155	-47.3	
31 14	3200	514	0.0?	66	10 7	12500	143	-51.5	
32 50	3500	495	+ 0.1?	62	11 16	12680	139	-52.5	
33 44	3710	483	+ 0.2	60	13 34	13000	132	-50.1	
35 12	4000	466?	- 2.2?	66	16 9	13500	123	-48.6	
35 33	4070	462?	- 2.8 _{gd}	68	18 8	14000	114	-48.4	
37 2	4360	445?	- 3.4 _{ga}	65	19 59	14500	106	-48.2	
37 44	4500	437?	- 4.0	62	21 56	15000	98	-48.2	
40 16	5000	410	- 6.7	57	24 20	15500	90	-47.6	
42 52	5500	384	- 9.9	54	26 59	16000	84	-46.4	
45 1	6000	360	-12.7	49	29 25	16500	78	-46.6	
47 12	6500	337	-16.2	48	31 51	17000	72	-47.0	
49 17	7000	315	-19.6	48	34 28	17500	67	-46.4	
51 12	7500	294	-22.3	47	36 31	18000	62	-46.0	
52 56	8000	275?	-25.0	46	38 39	18500	58	-45.6	
54 22	8500	257?	-28.5	45	39 1	18580	57	-45.5 _i	
55 56	9000	240?	-31.7		39 36	18700	56	-46.1	

Le diagramme a été en partie effacé; la courbe du baromètre en particulier présente de nombreuses lacunes, on a interpolé les altitudes et les pressions de 4000 à 4500 mètres et de 8000 à 10000 mètres. La courbe du thermomètre est très douteuse au moment des petites inversions vers 750 et 3500 mètres.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 25 Août 1909.

Force ascensionnelle 4100 gr. Poids de l'équipement 830 gr.

Deux ballons caoutchouc de 1800 et 1850 mm. de diamètre.

Retrouvé à Karesuando à 115 Km. au N 55 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 15 ^m 0 ^s	510	714	+ 5.7	88	8 ^h 35 ^m 8 ^s	6500	331	-25.5	66
16 44	1000	672	+ 4.8	85	36 31	7000	309	-29.9	62
18 36	1500	632	+ 2.2	78	37 57	7500	288	-34.0	60
19 44	1800	609	+ 0.6	82	39 23	8000	268	-38.1	
20 29	2000	594	+ 1.6	82	40 48	8500	248	-42.2	
21 0	2140	584	+ 2.1 _i	81	42 36	9000	230	-46.8	
22 14	2500	558	- 0.6	81	44 7	9500	214	-51.8	
23 53	3000	525	- 3.4	80	44 16	9550	212	-52.0	
25 27	3500	492	- 5.9	78	45 29	10000	198	-48.8	
27 2	4000	462	- 9.1	77	46 45	10500	183	-45.5	
28 42	4500	432	-11.7	78	48 12	11000	170	-43.4	
30 25	5000	405	-15.0	79	49 34	11470	159	-42.1 _i	
31 1	5170	396	-16.1	79	49 39	11500	158	-42.2	
32 2	5500	379	-18.5	77	50 59	12000	147	-42.8	
33 1	5820	363	-20.7 _{gd}	74	52 17	12500	136	-44.8	
33 35	6000	354	-21.2	72	53 32	13000	126	-46.6	
34 7	6170	346	-21.5 _{ga}	69	54 44	13500	117	-45.8	
35 0	6450	333	-25.0 _{gd}	67	55 22	13760	113	-44.9	

La température minima est -52.97, à 9840^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

Ballon du 29 Août 1909.

Force ascensionnelle 2700 gr. Poids de l'équipement 710 gr.

Un ballon caoutchouc de 1750 mm. de diamètre.

Retrouvé à Öfre Soppero à 68 Km. au N 65 E de Kiruna.

 i = inversion. it = isothermie. ga = gradient augmente. gd = gradient diminue.

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
7 ^h 58 ^m 0 ^s	510	705	+ 6.0	85	8 ^h 12 ^m 23 ^s	3500	484	- 9.7	61
8 ^h 0 ^m 11 ^s	1000	664	+ 4.6	79	13 11	3710	471	-10.3 _{ga}	60
2 37	1500	625	+ 1.5	75	14 18	4000	453	-12.9	58
5 16	2000	587	- 2.9	73	16 15	4500	424	-17.1	54
6 1	2130	577	- 4.0 _{gd}	73	18 11	5000	396	-21.4	52
8 3	2500	551	- 6.4	73	20 17	5500	370	-25.1	51
10 25	3000	516	- 8.2	68	22 22	6000	345	-28.4	49

Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative	Heure p.m.	Altitude	Pression	Tempé- rature	Humidité relative
8 ^h 24 ^m 25 ^s	6500	322	-31.7	48	8 ^h 36 ^m 13 ^s	10000	192	-43.1	
26 26	7000	300	-35.6		37 55	10500	178	-41.2	
28 18	7500	279	-40.3		38 59	10860	170	-40.1 _i	
29 50	8000	259	-43.7		39 24	11000	166	-40.4	
31 18	8500	240	-45.9		40 44	11500	154	-41.5	
31 39	8620	236	-46.1		41 58	12000	143	-40.6	
32 52	9000	223	-44.8		42 31	12250	138	-40.6	
34 32	9500	207	-43.6						

La température minima est de $-47.^{\circ}0$, à 8570^m à la descente.

Le baromètre est corrigé de la température.

REMARQUES

Année 1907.

5 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 9. Ci—St. bas épais, qq Cu.

Vent: WSW, fort.

Situation: Le baromètre est bas au nord de la Scandinavie et sur l'Islande. Un anti-cyclone couvre l'Europe centrale.

à Kiruna: Le vent est fort et le ciel couvert toute la journée

Températures du 4	Max. + 4 ^{0,5}	Min. — 4 ^{0,0}
du 5	Max. + 5 ^{0,0}	Min. — 2 ^{0,0}
du 6	Max. + 2 ^{0,0}	Min. — 6 ^{0,0}

7 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 0, qq Cu à l'horizon.

Vent: W, fort.

Situation: Une profonde dépression dont le centre est entre l'Islande et la Norvège couvre toute la région intermédiaire. Les hautes pressions couvrent la France et s'étendent jusque sur l'Allemagne du Nord.

à Kiruna: Le vent est fort et le ciel clair jusqu' à 10^h, puis le ciel se couvre et le vent diminue en restant de l'W.

Températures du 6	Max. + 2 ^{0,0}	Min. — 6 ^{0,0}
du 7	Max. + 3 ^{0,0}	Min. — 9 ^{0,0}
du 8	Max. 0 ^{0,0}	Min. — 5 ^{0,0}

9 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 2, qq Ci, qq Cu.

Vent: WNW, fort.

Situation: Une forte dépression couvre tout le nord de la Scandinavie et la Finlande. Son centre, qui s'est un peu éloigné vers le N depuis la veille, est le 9 au matin au N de Kiruna. Le centre des hautes pressions est sur l'Islande. (Pl. II₁).

à Kiruna: Le ciel, qui est clair le matin, se couvre vers midi et reste couvert toute la journée, il neige un peu le soir; le vent est très fort d'WNW toute la journée.

Températures du 8	Max. 0 ^{0,0}	Min. — 5 ^{0,0}
du 9	Max. — 2 ^{0,0}	Min. — 10 ^{0,0}
du 10	Max. — 4 ^{0,0}	Min. — 10 ^{0,5}

10 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 4. Ci, tendant à se souder en Ci—St, de l'WNW, qq Cu.
Vent: WNW, faible.

Situation: La dépression qui couvrait le nord de la Scandinavie s'éloigne vers le NE. Une dépression secondaire a son centre sur le milieu de la Baltique et tend à se creuser. Les hautes pressions sont toujours sur l'Islande.

à Kiruna: Le ciel est assez nuageux et le vent faible le matin. Vers midi, le vent augmente et tourne au N tandis que le ciel se découvre graduellement.

Températures du 9	Max. — 2 ^{0,0}	Min. — 10 ^{0,0}
du 10	Max. — 4 ^{0,0}	Min. — 10 ^{0,5}
du 11	Max. — 6 ^{0,0}	Min. — 15 ^{0,5}

13 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 10. Nb. Il neige un peu.
Vent: SSW, faible.

Situation: Les hautes pressions qui couvraient la péninsule Scandinave la veille ont reculé vers l'E. Une dépression profonde aborde l'Islande. Un maximum secondaire se forme sur les Shetlands.

à Kiruna: Le ciel est couvert toute la matinée, et reste très nuageux jusque vers 4^h p.m. A ce moment il se découvre et devient tout à fait clair sauf quelques Ci très loin au NW.

Températures du 12	Max. — 7 ^{0,0}	Min. — 18 ^{0,0}
du 13	Max. — 11 ^{0,0}	Min. — 19 ^{0,0}
du 14	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 16 ^{0,0}

14 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 10. Nb.
Vent: SSE, faible.

Situation: Une arrête de hautes pressions relatives s'étend du N de la Scandinavie sur la Finlande et la Russie jusqu'à la mer Noire. Une dépression se trouve à l'ENE de cette ligne et une autre très étendue a son centre sur la Norvège méridionale.

à Kiruna: Le ciel est couvert ou très nuageux (Nb) toute la journée, le vent est faible des régions S.

Températures du 13	Max. — 11 ^{0,0}	Min. — 19 ^{0,0}
du 14	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 16 ^{0,0}
du 15	Max. — 8 ^{0,5}	Min. — 20 ^{0,0}

24 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb. 5. Ci du NW, traces de Ci—Cu, Cu.
Calme.

Situation: Une dépression assez profonde a son centre au N de l'Islande. Les hautes pressions couvrent toute l'Europe occidentale et s'étendent sur la partie méridionale et centrale de la péninsule Scandinave.

à Kiruna: Le ciel se couvre vers 9^h a.m. tandis que le vent se lève du N. Dans l'après midi, le vent tourne au S et augmente, le ciel reste couvert et il neige un peu.

Températures du 23	Max. — 1 ⁰ , ₀	Min. — 16 ⁰ , ₀
du 24	Max. — 0 ⁰ , ₀	Min. — 6 ⁰ , ₀
du 25	Max. — 0 ⁰ , ₀	Min. — 3 ⁰ , ₅

25 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb. 8: qq Ci, Ci—St loin à l'E, A—St à l'E, Nb.

Vent: W, fort.

Situation: Un centre de dépression se trouve au N de la péninsule Scandinave, sur l'Océan Glacial. Un autre au N de l'Islande. Les hautes pressions couvrent l'Europe occidentale et centrale.

à Kiruna: Le ciel est très nuageux ou couvert toute la journée, sauf de 3^h à 4^h p.m. où il est à peu près clair. Le vent est très fort de l'W.

Températures du 24	Max. 0 ⁰ , ₀	Min. — 6 ⁰ , ₀
du 25	Max. 0 ⁰ , ₀	Min. — 3 ⁰ , ₅
du 26	Max. + 1 ⁰ , ₀	Min. — 8 ⁰ , ₀

26 Mars 1907 (1).

État du ciel au départ: Néb.: 10. Nb.

Vent: W, très fort.

26 Mars 1907 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 0. qq Cu à l'horizon NW.

Vent: NNW faible.

Situation: Une dépression assez profonde a son centre sur la côte NW de Norvège le matin, mais elle disparaît dans le cours de la journée, chassée par les hautes pressions qui couvrent presque toute l'Europe. Une autre dépression se trouve sur l'Islande. (Pl. II, 2 3.)

à Kiruna: Le ciel est couvert et le vent très fort d'W le matin. A 8^h45^m, le vent tourne au NW, reste très fort et il commence à neiger. A midi, le ciel se découvre, il est clair à 1^h p.m. et reste clair le reste de la journée. Le vent reste très fort de NW à NNW jusqu'à 6^h p.m. puis tombe brusquement, et à 6^h 10^m p.m. il fait presque calme, mais le ballon lancé à 7^h 10^m trouve un vent assez fort vers l'altitude de 750^m à 800^m au-dessus du niveau de la mer.

Températures du 25	Max. 0 ⁰ , ₀	Min. — 3 ⁰ , ₅
du 26	Max. + 1 ⁰ , ₀	Min. — 8 ⁰ , ₀
du 27	Max. + 7 ⁰ , ₀	Min. — 9 ⁰ , ₀

28 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 0. qq Cu.

Vent: WSW fort.

Situation: Une dépression se trouve au N de la Scandinavie et étend son influence jusqu'à 65° de latitude N. Les hautes pressions couvrent le reste de l'Europe.

à Kiruna: Le ciel est clair ou très peu nuageux toute la journée, sauf de 2^h à 5^h p.m., où il est presque couvert de Cu. Le vent tend à diminuer.

Températures du 27	Max. + 7 ⁰ ,0	Min. — 9 ⁰ ,0
du 28	Max. + 4 ⁰ ,5	Min. — 0 ⁰ ,5
du 29	Max. + 5 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,0

29 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 7. Ci—St, quelques Ci—Cu, Cu.

Vent: NNW, faible.

Situation: Une aire de forte pression dont le centre est sur la Suède centrale couvre toute la péninsule scandinave. Une dépression est sur l'Islande et une autre sur la mer Blanche. (Pl. II,4).

à Kiruna: Le ciel s'eclaircit dès 6^h a.m. et reste clair toute la journée. Le vent est faible et de direction très variable.

Températures du 28	Max. + 4 ⁰ ,5	Min. — 0 ⁰ ,5
du 29	Max. + 5 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,0
du 30	Max. + 4 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,5

30 Mars 1907.

État du ciel au départ: Néb.: 0 clair.

Vent: SSW, assez fort.

Situation: Les hautes pressions se sont éloignées vers l'E et ont leur centre sur la Russie du Nord. La dépression d'Islande s'étend et se creuse.

à Kiruna: Le ciel est clair jusqu'à 11^h a.m. À ce moment, apparaissent qq Ci à l'W et au S et il se forme des Cu qui augmentent rapidement. Le ciel devient et reste très nuageux. A 4^h p.m. les Ci viennent du SSW. Le vent est assez fort du SW toute la journée.

Températures du 29	Max. + 5 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,0
du 30	Max. + 4 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,5
du 31	Max. + 6 ⁰ ,0	Min. — 3 ⁰ ,0

31 Mars 1907 (1).

État du ciel au départ: Neb.: 2. A—Cu, ciel laiteux.

Vent: SW, assez fort.

31 Mars 1907 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 4. A—St, Cu.

Vent: WSW, modéré.

Situation: Les hautes pressions ont encore un peu reculé vers l'E. La dépression qui a son centre sur l'Islande est très profonde et très étendue.

à Kiruna: Le ciel est très nuageux ou couvert (St—Cu) toute la journée. Le soir, faible aurore boréale.

Températures du 30 mars	Max. + 4 ⁰ ,0	Min. — 1 ⁰ ,5
du 31	Max. + 6 ⁰ ,0	Min. — 3 ⁰ ,0
du 1 avril	Max. + 6 ⁰ ,5	Min. — 3 ⁰ ,0

Année 1908.

17 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10. Le ciel est couvert de nuages uniformes assez élevés. Calme.

Situation: Une dépression assez profonde a son centre sur la Finlande et couvre toute la Scandinavie. Les hautes pressions ont leur centre sur la France méridionale.

à Kiruna: Le ciel est couvert et indistinct toute la journée. Le vent est faible de NW ou nul.

Températures du 16	Max. — 14 ^{0,0}	Min. — 21 ^{0,0}
du 17	Max. — 7 ^{0,0}	Min. — 22 ^{0,5}
du 18	Max. — 7 ^{0,5}	Min. — 12 ^{0,5}

18 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10. St. uniforme.

Vent: SW, 3^m, 2 par seconde.

Situation: Une dépression très profonde qui a son centre près de Christiansund (730^{mm}) couvre toute la Scandinavie, les hautes pressions ont reculé au S.

à Kiruna: Le ciel est couvert toute la journée de Nb assez élevés, il neige par intermittences.

Températures du 17	Max. — 7 ^{0,0}	Min. — 22 ^{0,5}
du 18	Max. — 7 ^{0,5}	Min. — 12 ^{0,5}
du 19	Max. — 10 ^{0,0}	Min. — 16 ^{0,0}

21 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 8. A—Cu presque immobiles. Nb du NNE, il neige.

Vent: NW, 2^m, 9 par seconde.

Situation: Un centre de dépression secondaire se trouve sur l'extrémité N du golfe de Bothnie. Un autre sur la Baltique méridionale. Une dépression très profonde a son centre sur l'Islande et s'étend jusque sur les côtes de Norvège. (Pl. II,6).

à Kiruna: Le ciel est couvert le matin et il neige une partie de la matinée. Vers 10^h le Nb commence à se déchirer et à 11^h il ne reste plus que quelques A—Cu très bas à l'horizon N. Pendant tout l'après midi le ciel est sans nuages.

Températures du 20	Max. — 9 ^{0,5}	Min. — 16 ^{0,5}
du 21	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 23 ^{0,5}
du 22	Max. — 9 ^{0,5}	Min. — 26 ^{0,0}

22 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 1, qq Ci bas à l'horizon, ciel brumeux.

Vent: S, 2^m, 5 par seconde.

Situation: Les deux dépressions de la Baltique ont disparu. La dépression d'Islande s'est un peu approchée et s'étend sur toute la Scandinavie. (Pl. II,7).

à Kiruna: Le ciel est clair le matin sauf une bande de Ci loin à l'horizon N à E. A partir de 8^h 30, le ciel se couvre très vite de Cu; ces nuages se transforment en Nb qui devient uniforme. Il neige sans discontinuer à partir de midi 30.

Températures du 21	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 23 ^{0,5}
du 22	Max. — 9 ^{0,5}	Min. — 26 ^{0,0}
du 23	Max. — 8 ^{0,0}	Min. — 11 ^{0,5}

24 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb uniforme.

Vent: SE, 4^m,1 par seconde.

Situation: Une dépression, qui a son centre sur le S de la Norvège couvre toute la péninsule Scandinave. Des aires de hautes pressions se trouvent au NE et au SW de cette dépression. (Pl. II,8).

à Kiruna: La nébulosité est très variable, Cu et Nb, jusqu'à 8^h 30. Les Cu viennent du S. Il neige de 8^h à 10^h. Puis le ciel est clair jusqu'à midi. Il se forme alors un Ci—St tout à fait flou et la nébulosité est de nouveau très variable. Vers 5^h p.m. on voit quelques A—Cu qui viennent de l'W qq degrés N, très lents. Aurore boréale faible.

Températures du 23	Max. — 8 ^{0,0}	Min. — 11 ^{0,5}
du 24	Max. — 11 ^{0,0}	Min. — 13 ^{0,5}
du 25	Max. — 9 ^{0,5}	Min. — 13 ^{0,5}

25 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, il neige un peu.

Vent: S, 5^m,5 par seconde.

Situation: Hautes pressions sur la Russie du Nord et le Golfe de Gascogne. Un couloir de basses pressions s'étend de Islande à l'Autriche entre ces deux aires de hautes pressions.

à Kiruna: Le ciel est couvert toute la journée, et il neige fréquemment.

Températures du 24	Max. — 11 ^{0,0}	Min. — 13 ^{0,5}
du 25	Max. — 9 ^{0,5}	Min. — 13 ^{0,5}
du 26	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 15 ^{0,5}

27 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, il neige.

Vent: S, 6,5 m. par seconde.

Situation: Dépression profonde ayant son centre à l'E de l'Islande et au N des Færoer. Forte pression sur l'Europe centrale.

à Kiruna: Le ciel est couvert et il neige presque toute la journée.

Températures du 26	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 15 ^{0,5}
du 27	Max. — 10 ^{0,5}	Min. — 15 ^{0,5}
du 28	Max. — 6 ^{0,5}	Min. — 13 ^{0,0}

29 Févr. 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, neige.

Vent: ESE. 2^m,4 par seconde.

Situation: Hautes pressions sur la mer Blanche et la Finlande. Une dépression a son centre sur la mer du Nord et couvre toute l'Europe occidentale et le S de la Scandinavie. à Kiruna: Il neige toute la journée.

Températures du 28 Février	Max. — 6 ⁰ ,5	Min. — 13 ⁰ ,0
du 29	Max. — 8 ⁰ ,0	Min. — 11 ⁰ ,0
du 1 Mars	Max. — 5 ⁰ ,0	Min. — 13 ⁰ ,0

1 Mars 1908 (1).

État du ciel au départ: Néb.: 0, quelques Ci très loin au SE.

Vent: SSE, 3^m,6.

1 Mars 1908 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb.

Calme.

Situation: Deux centres de dépressions se trouvent l'un sur le sud de la mer Baltique, l'autre sur le sud de la mer du Nord. Forte pression sur la mer Blanche et l'Islande.

à Kiruna: Le ciel est peu nuageux, sauf à l'horizon jusqu'à 1^h p.m. Vers 10^h a.m. on voit cependant un assez grand nombre de Cu bas venant du S. Après 1^h p.m. le ciel se couvre de Nb et reste couvert toute la soirée.

Températures du 29 Février	Max. — 8 ⁰ ,0	Min. — 11 ⁰ ,0
du 1 Mars	Max. — 5 ⁰ ,0	Min. — 13 ⁰ ,0
du 2 Mars	Max. — 4 ⁰ ,5	Min. — 10 ⁰ ,5

5 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb.

Vent: NW, 3^m,7 par seconde.

Situation: Un faible centre de dépression secondaire se trouve sur le golfe de Bothnie.

Hautes pressions sur la mer Blanche, forte dépression sur l'Islande.

à Kiruna: Le ciel est couvert toute la journée, et il neige fréquemment.

Températures du 4	Max. — 10 ⁰ ,0	Min. — 23 ⁰ ,5
du 5	Max. — 7 ⁰ ,0	Min. — 13 ⁰ ,0
du 6	Max. — 5 ⁰ ,5	Min. — 20 ⁰ ,0

7 Mars 1908 (1).

État du ciel au départ: Néb.: 1, qq nuages bas à l'horizon.

Le ciel se couvre de Nb presque aussitôt après le départ.

Calme.

7 Mars 1908 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 0. Clair.

Calme.

Situation: Une dépression qui a son centre sur la mer du Nord le 7 au matin disparaît au cours de la journée, tandis qu'une autre dépression aborde l'Ecosse. Les hautes pressions couvrent toute l'Europe Orientale.

à Kiruna: Le ciel, clair jusqu'à 6^h a.m., se couvre de Nb. à ce moment, mais redevient clair à 7^h. A partir de midi le ciel devient blanchâtre sans qu'il se forme de nuages distincts. Halo faible vers 3^h p.m. Le soir le ciel est de nouveau clair sauf quelques Ci immobiles à l'W. Aurore boréale.

Températures du 6	Max. — 5 ^{0,5}	Min. — 20 ^{0,0}
du 7	Max. — 6 ^{0,5}	Min. — 23 ^{0,5}
du 8	Max. — 8 ^{0,5}	Min. — 12 ^{0,5}

9 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10. Nb, il neige.

Calme.

Situation: Une profonde dépression a son centre sur l'Ecosse et couvre toute l'Europe occidentale et la plus grande partie de la péninsule Scandinave. Hautes pression sur le NE de la Russie. (Pl. II,₉).

à Kiruna: Le ciel est constamment couvert et il neige presque continuellement.

Températures du 8	Max. — 8 ^{0,5}	Min. — 12 ^{0,5}
du 9	Max. — 8 ^{0,0}	Min. — 16 ^{0,0}
du 10	Max. — 15 ^{0,0}	Min. — 32 ^{0,5}

10 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, neige.

Vent: SSE, 4^m,₀ par seconde.

Situation: La dépression s'est un peu comblée et a son centre sur la mer du Nord. Les hautes pressions avancent sur le nord de la Suède. (Pl. III,₁).

à Kiruna: Il neige le matin jusqu'à 9^h puis le ciel se découvre. A 10^h la nébulosité est 0, quelques Ci épars venant de l'ESE. Les Ci disparaissent avant midi et le ciel reste clair sauf à l'horizon toute la journée.

Températures du 9	Max. — 8 ^{0,0}	Min. — 16 ^{0,0}
du 10	Max. — 15 ^{0,0}	Min. — 32 ^{0,0}
du 11	Max. — 17 ^{0,5}	Min. — 34 ^{0,0}

11 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 0, qq Ci très loin à l'horizon N.

Calme.

Situation: Le centre des hautes pressions est le matin sur le N de la Suède et la Finlande et gagne vers le S dans la journée. Une dépression peu profonde et très étendue couvre l'Allemagne du Nord et s'éloigne vers l'E. (Pl. III,₂).

à Kiruna: Le ciel est clair toute la journée. Le soir on aperçoit qq Ci à l'horizon N. Aurore boréale.

Températures du 10	Max. — 15 ^{0,0}	Min. — 32 ^{0,5}
du 11	Max. — 17 ^{0,5}	Min. — 34 ^{0,0}
du 12	Max. — 11 ^{0,0}	Min. — 30 ^{0,5}

28 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 1, qq Cu élevés.

Vent: SE.

Situation: Les hautes pressions couvrent toute l'Europe sauf les Iles Britanniques, la Norvège et le Nord de la Suède. Centre de dépression sur l'Islande.

à Göteborg: Le ciel est peu nuageux toute la journée.

29 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 0, qq. A—Cu loin à l'horizon.

Vent: S.

Situation: Les basses pressions gagnent lentement vers l'E et couvrent presque toute la Suède et une partie de la Finlande.

à Göteborg: Le ciel est très nuageux (A—Cu surtout) toute la journée et se découvre le soir.

30 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 0, brumeux.

Vent: SSE.

Situation: La dépression d'Islande s'avance en se creusant et repousse les hautes pressions sur la Russie méridionale.

à Göteborg: Il pleut toute la matinée. Le ciel se découvre vers 2^h et est très peu nuageux à partir de ce moment.

31 Mars 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, pluie.

Vent: S.

Situation: La dépression se comble un peu et avance vers le NE couvrant de plus en plus la péninsule Scandinave.

à Göteborg: Le ciel est clair le matin, mais il se couvre vers midi et il pleut presque tout l'après midi.

1 Avril 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 8, qq Ci du WNW, Cu, Nb.

Vent: W.

Situation: Une dépression s'avance de l'Islande dans le cours de la journée mais cependant les hautes pressions avancent un peu vers l'W.

à Göteborg: Il pleut par intermittences toute la journée.

2 Avril 1908.

État du ciel au départ: Néb.: 9, Nb.

Vent: W.

Situation: Une dépression peu profonde mais très étendue s'avance d'Islande et envahit lentement toute l'Europe Septentrionale.

à Göteborg: Le ciel est couvert toute la journée.

Année 1909.

18 Août 1909.

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb, il vient de tomber des gouttes de pluie.

Vent: SSE, faible.

Situation: Une dépression a son centre sur l'Islande le 18 au matin et s'avance sur les Färöer le 19. Elle couvre toute la Scandinavie. Une dépression secondaire, qui avait son centre sur l'Angleterre du S, disparaît dans la journée. Hautes pressions sur la Russie.

à Kiruna: Le ciel est couvert et il pleut par intermittence toute la journée. Le vent fort de SSE le matin diminue vers le soir.

Températures du 17	Max. + 13 ^{0,3}	Min. — 6 ^{0,9} (nuit du 16 au 17)
du 18	Max. + 11 ^{0,3}	Min. — 6 ^{0,3}
du 19	Max. + 15 ^{0,3}	Min. — 9 ^{0,3} (nuit du 18 au 19)

19 Août 1909 (1).

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb très bas.

Vent: SSE, assez fort.

19 Août 1909 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 10, Nb., bruine assez forte.

Vent: SSE, assez fort.

Situation: Profonde dépression entre l'Islande et la Norvège, couvrant toute la Scandinavie. Forte pression sur tout le reste de l'Europe sauf les Iles Britanniques.

à Kiruna: Le ciel est couvert ou très nuageux toute la journée. On aperçoit quelques Ci flous dans les rares éclaircies. Le vent est assez fort de SSE et les Cu viennent du SSW le matin à 9^h et de l'WSW à 5^h p.m.

Températures du 18	Max. + 11 ^{0,3}	Min. + 6 ^{0,3}
du 19	Max. + 15 ^{0,3}	Min. + 9 ^{0,3} (nuit du 18 au 19)
du 20	Max. + 15 ^{0,7}	Min. + 9 ^{0,7}

20 Août 1909 (1).

État du ciel au départ: Néb.: 2, Cu et Nb.

Vent SSE, très faible.

20 Août 1909 (2).

État du ciel au départ: Néb.: 1, Cu et Nb.

Vent: SSE, modéré.

Situation: Une dépression, qui a son centre sur les Färöer couvre toute la Scandinavie. Hautes pressions sur l'Europe centrale et orientale.

à Kiruna: Le ciel est couvert le matin et il pleut jusqu'à 11^h a.m. Le vent est de SSE, fort, sauf vers midi où il se calme beaucoup pour reprendre ensuite. A 3^h 30 p.m. le ciel se découvre mais reste nuageux (Cu et A—Cu). Les A—Cu viennent du S. Vers

6^h p.m. un Cu—Nb envahit tout le ciel et donne quelques gouttes; le soir le ciel se découvre de nouveau et est clair à 8^h.

Températures du 19	Max. + 15 ^{0,3}	Min. + 9 ^{0,3} (nuit du 18 au 19)
du 20	Max. + 15 ^{0,7}	Min. + 9 ^{0,7}
du 21	Max. + 17 ^{0,3}	Min. + 10 ^{0,0}

23 Août 1909.

État du ciel au départ: Néb.: 1. Ci, immobiles ou très lents.

Vent: SE, faible.

Situation: La pression est assez égale sur toute l'Europe, les basses pressions à l'W, les hautes pressions au NE et au S.

à Kiruna: Le ciel est couvert de Nb le matin, mais dès 8^h le Nb disparaît et laisse voir de beaux et grands Cu. L'état du ciel reste le même, mais à partir de 3^h p.m. on voit qq Ci qui semblent immobiles. Le soir tous les nuages inférieurs disparaissent et les Ci très lents semblent venir du S. Le vent a été fort de SE toute la journée, mais il diminue le soir.

Températures du 22	Max. + 14 ^{0,6}	Min. + 8 ^{0,3}
du 23	Max. + 16 ^{0,4}	Min. + 8 ^{0,1}
du 24	Max. + 14 ^{0,3}	Min. + 6 ^{0,8}

25 Août 1909.

État du ciel au départ: Néb.: 1, Cu.

Vent: NW, faible.

Situation: Dépression faible sur la mer du Nord, forte pression sur la Finlande, l'Europe centrale et la Russie.

à Kiruna: Le ciel est couvert et il pleut faiblement toute la matinée. L'après-midi le ciel est très nuageux; on aperçoit quelques Ci venant de l'W. Le vent de S fort toute la journée diminue et tourne au N à 5^h p.m. Le soir le ciel est très peu nuageux.

Températures du 24	Max. + 14 ^{0,3}	Min. + 6 ^{0,8}
du 25	Max. + 11 ^{0,3}	Min. + 3 ^{0,7}
du 26	Max. + 12 ^{0,0}	Min. + 1 ^{0,4}

29 Août 1909.

État du ciel au départ: Néb.: 1, Ci.

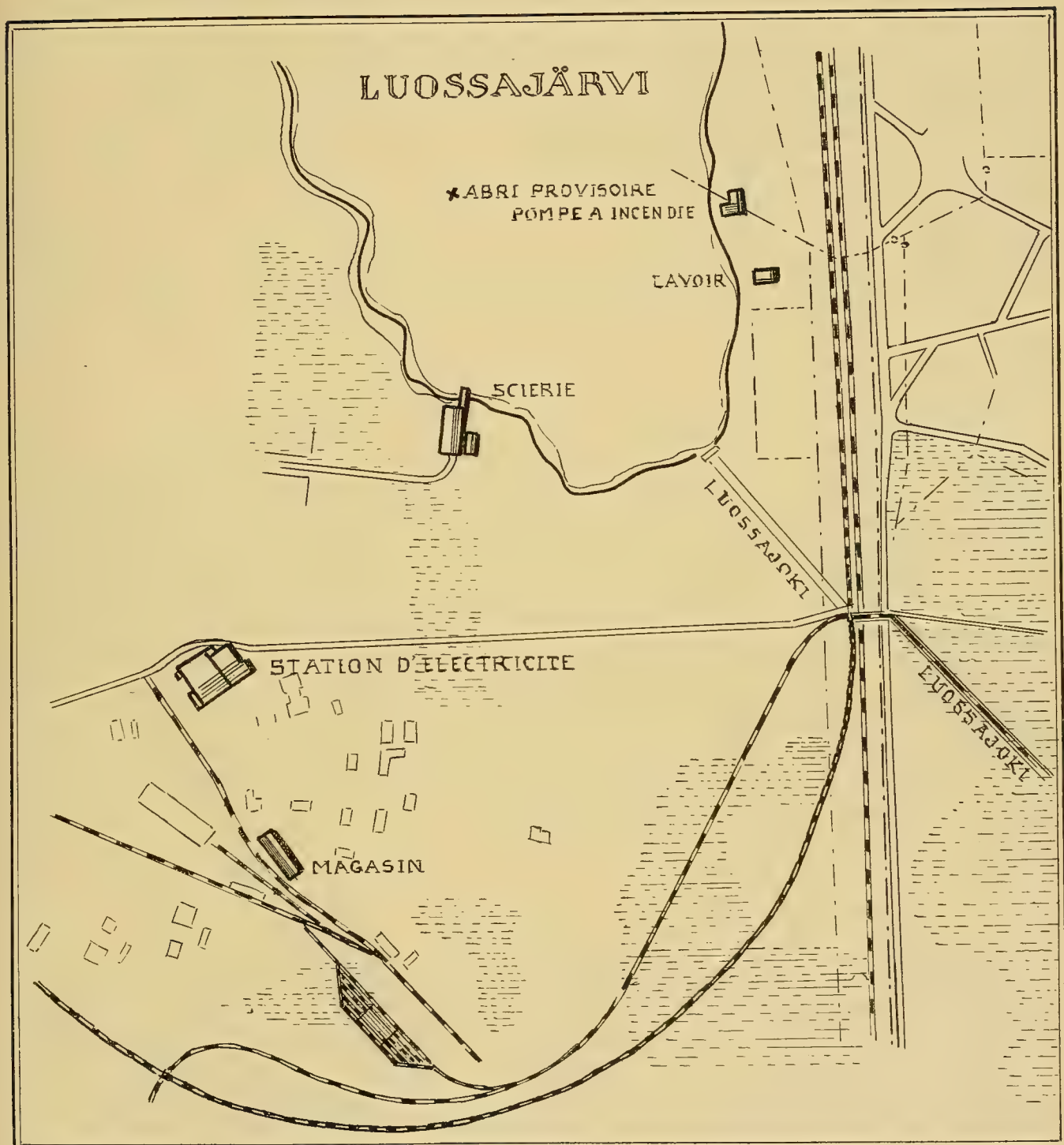
Vent: WNW très faible.

Situation: Dépression au N couvrant toute la Scandinavie et le nord des Iles Britanniques. Forte pression sur l'Europe centrale et orientale.

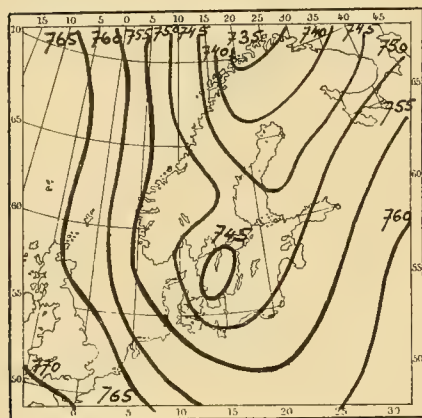
à Kiruna: Le ciel est couvert le matin et il pleut par intervalles. A partir de midi on aperçoit quelques A—Cu. Après 2^h p.m. le ciel se découvre et on voit quelques Ci venant du SSW. Après 6^h le ciel est presque clair.

Températures du 28	Max. + 10 ^{0,5}	Min. + 5 ^{0,8}
du 29	Max. + 12 ^{0,5}	Min. + 2 ^{0,5}
du 30	—	Min. 0 ^{0,0}

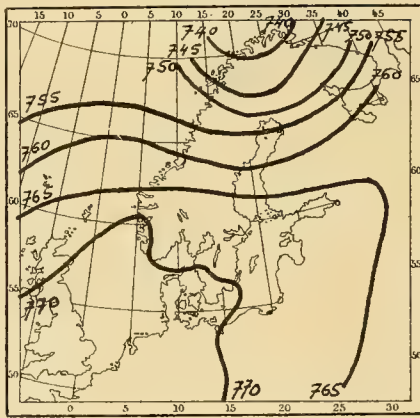




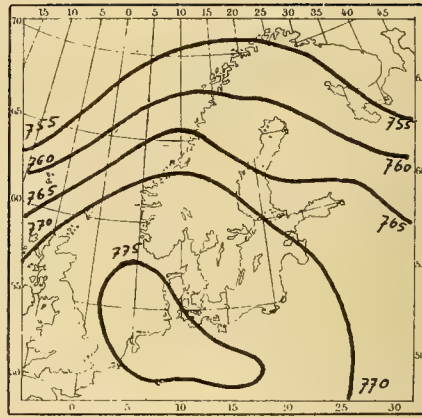
1.

9 Mars 1907 à 8^h a.m.

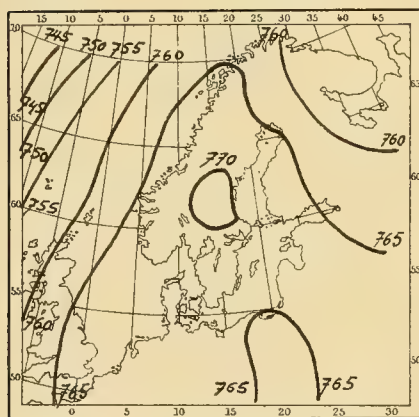
2.

26 Mars 1907 à 8^h a.m.

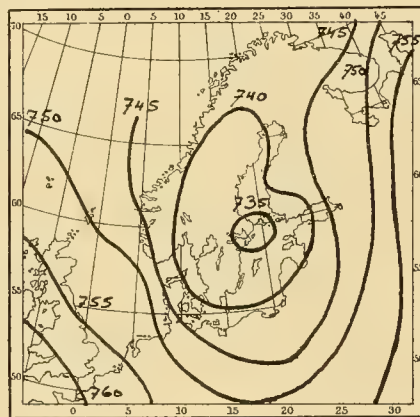
3.

27 Mars 1907 à 8^h a.m.

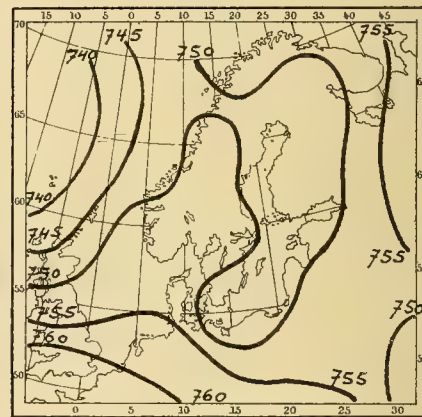
4.

29 Mars 1907 à 8^h a.m.

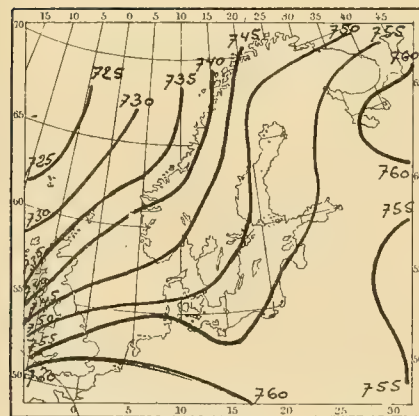
5.

19 Février 1908 à 8^h a.m.

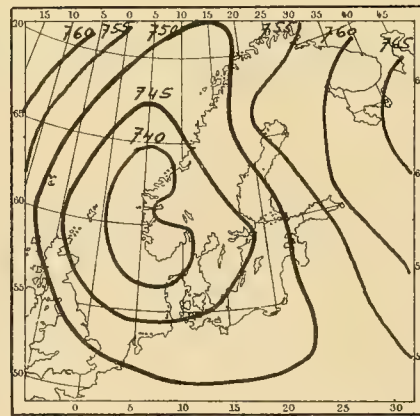
6.

21 Février 1908 à 8^h a.m.

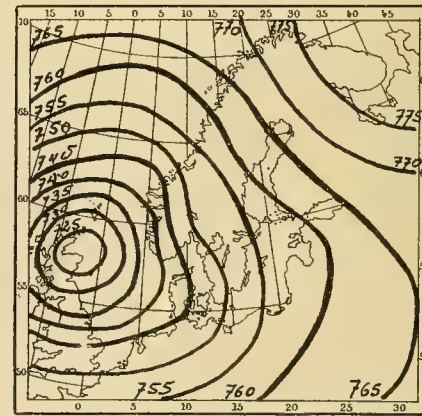
7.

22 Février 1908 à 8^h a.m.

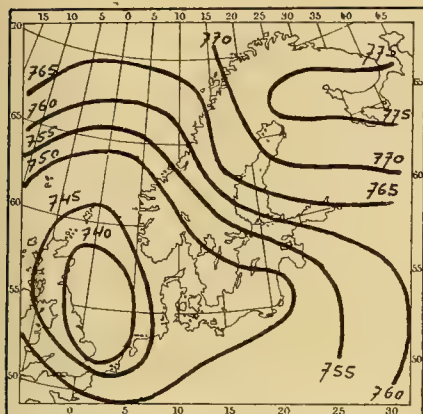
8.

24 Février 1908 à 8^h a.m.

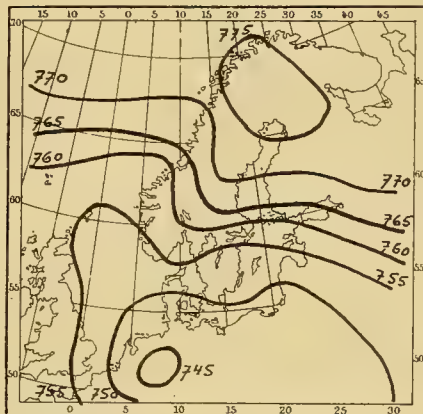
9.

9 Mars 1908 à 8^h a.m.

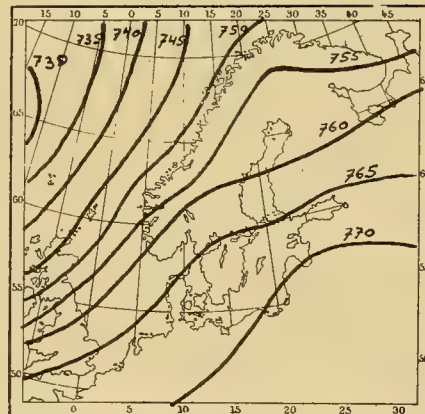
1.

10 Mars 1908 à 8^h am

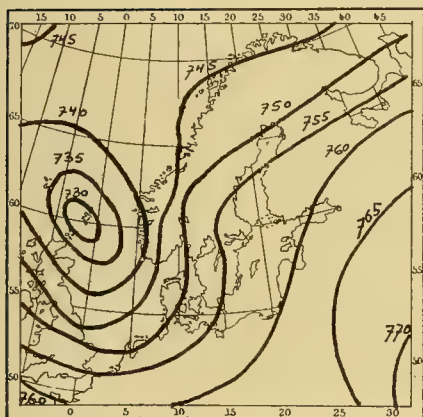
2.

11 Mars 1908 à 8^h am

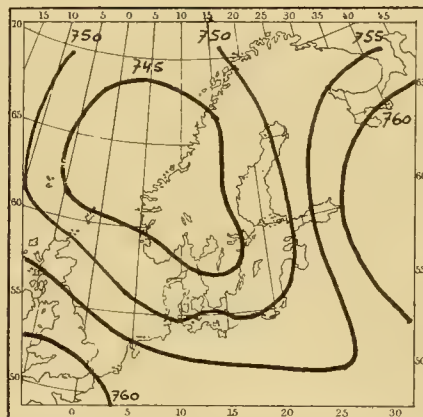
3.

29 Mars 1908 à 8^h am

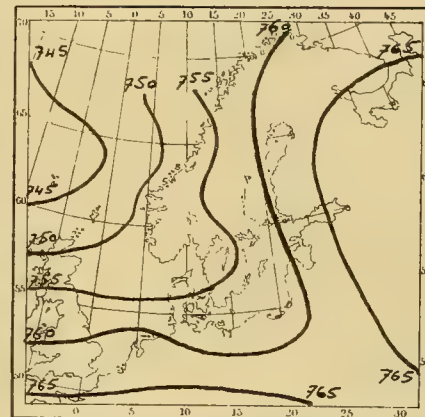
4.

31 Mars 1908 à 8^h am

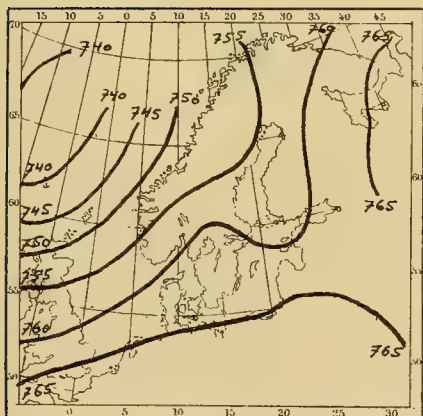
5.

1 Avril 1908 à 8^h am

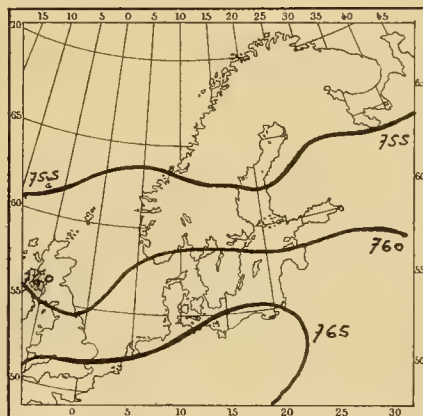
6.

19 Août 1909 à 8^h am

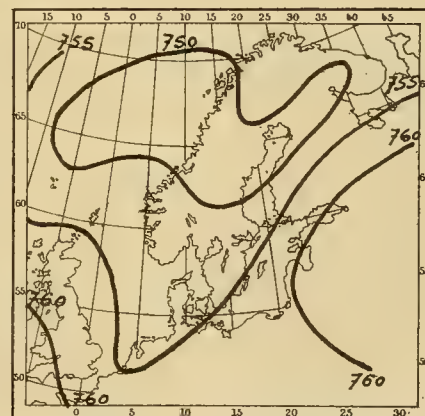
7.

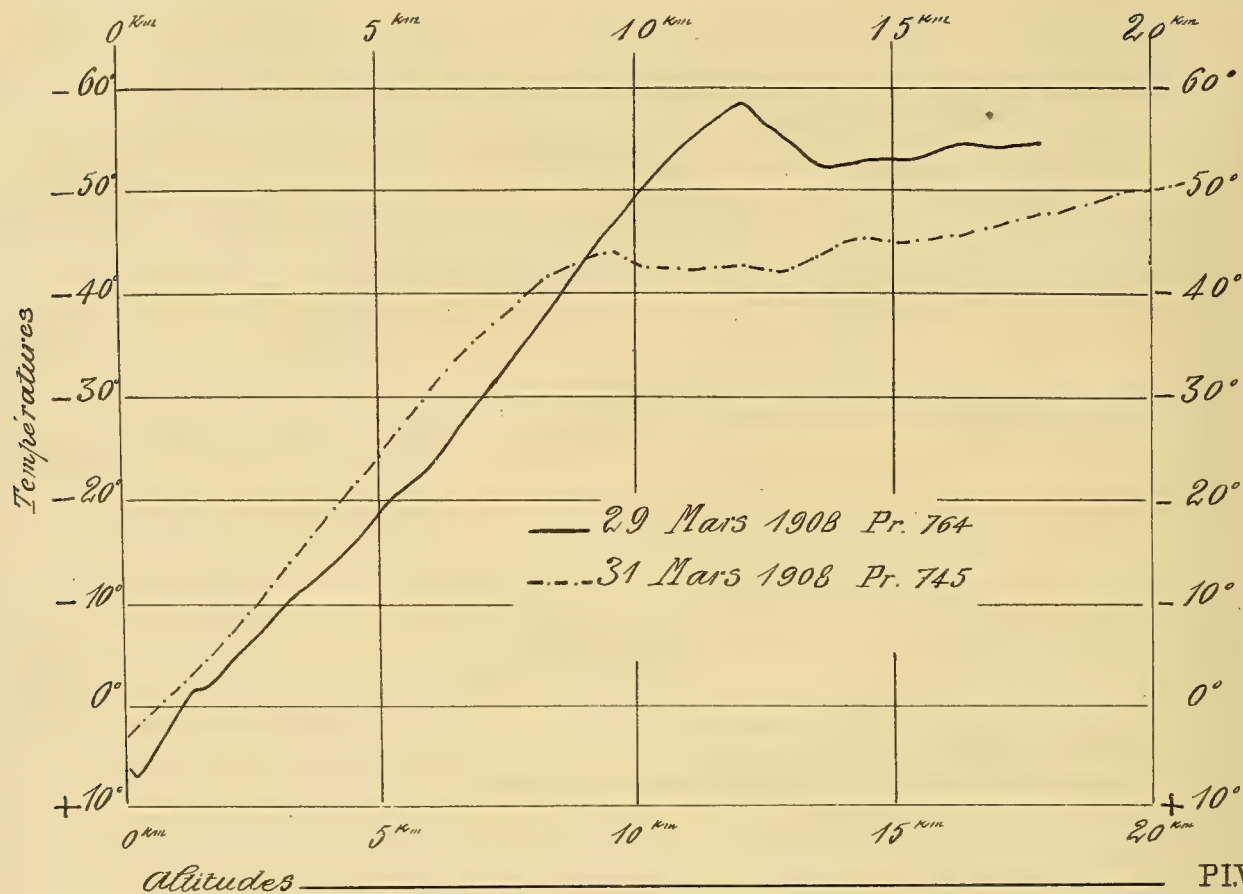
20 Août 1909 à 8^h am

8.

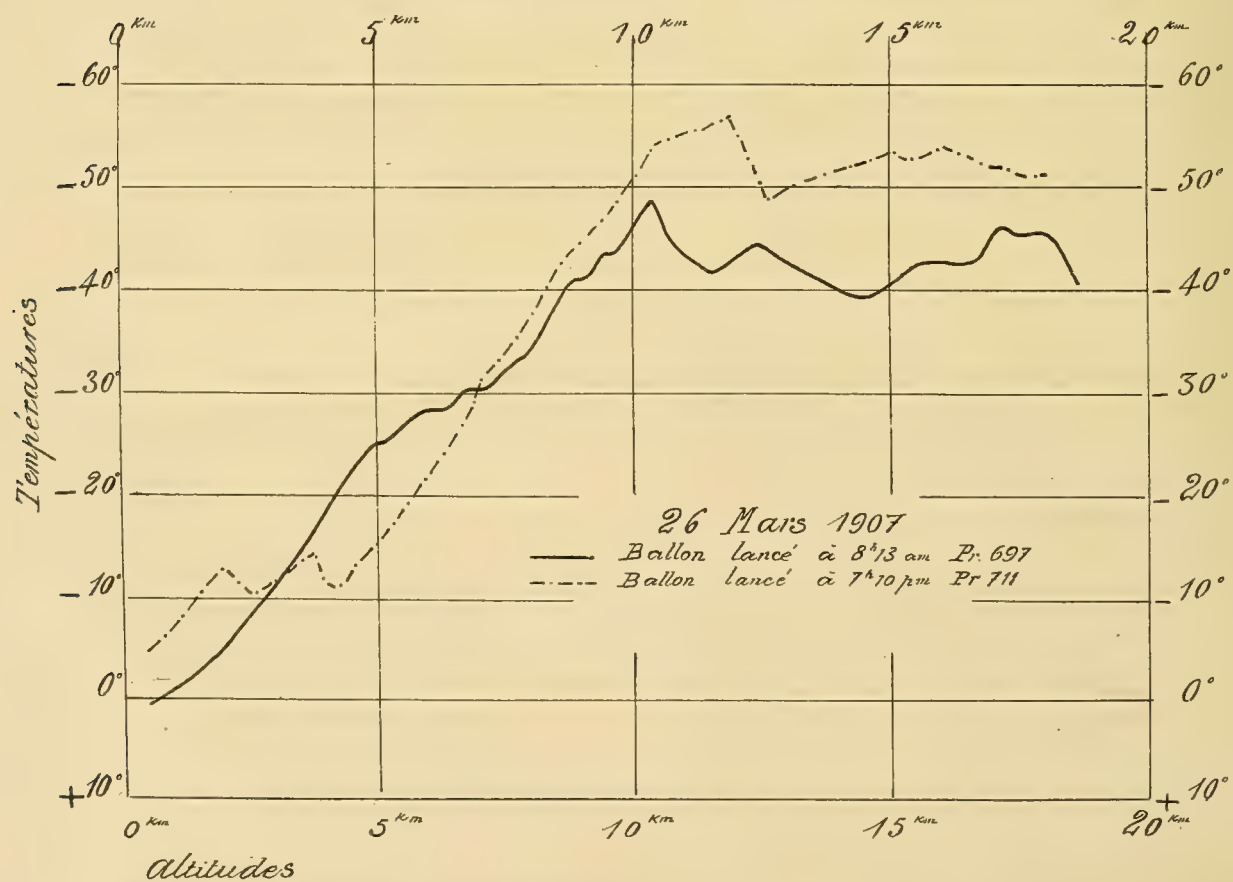
29 Août 1909 à 8^h am

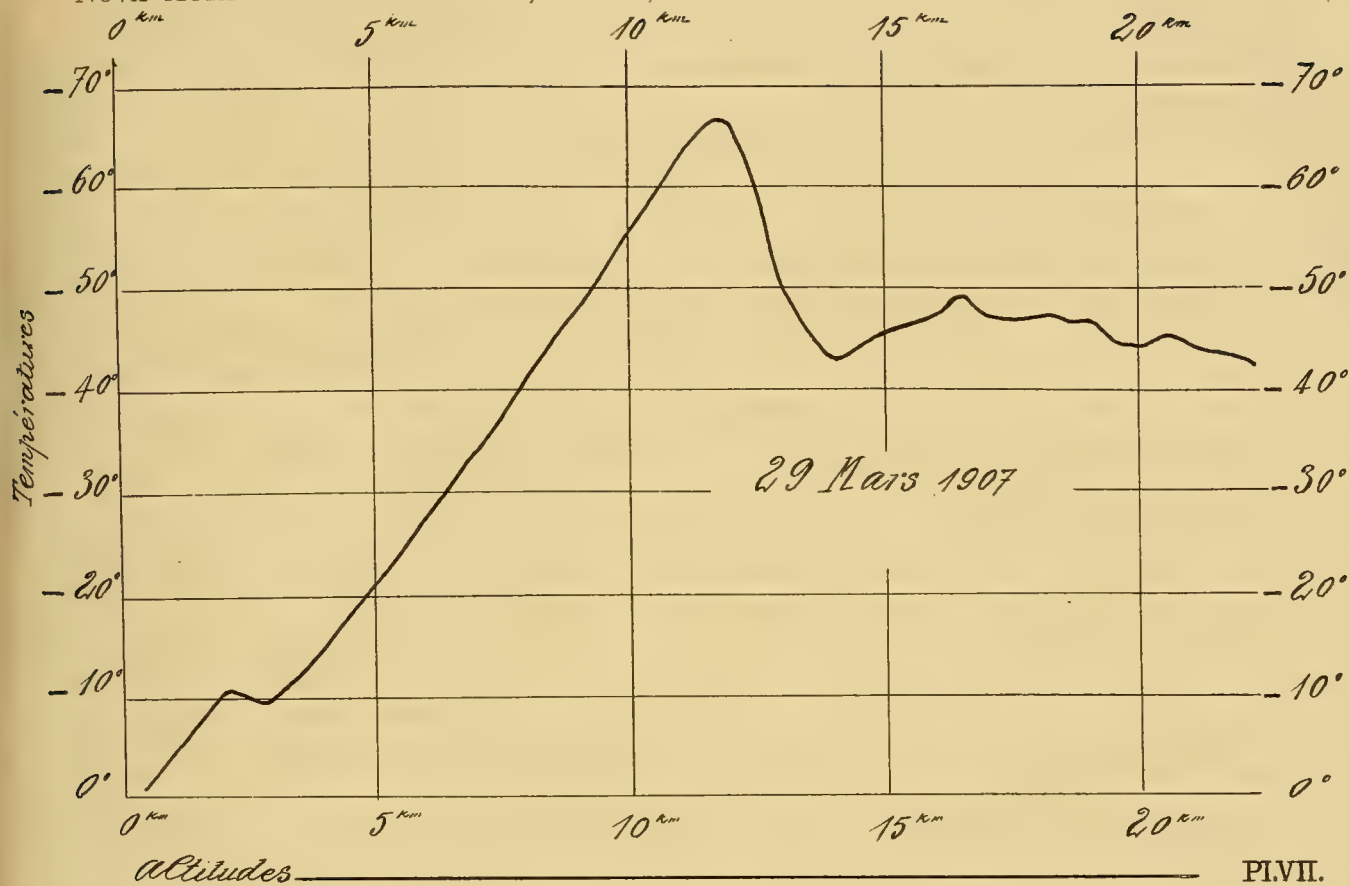
9.

30 Août 1909 à 8^h am

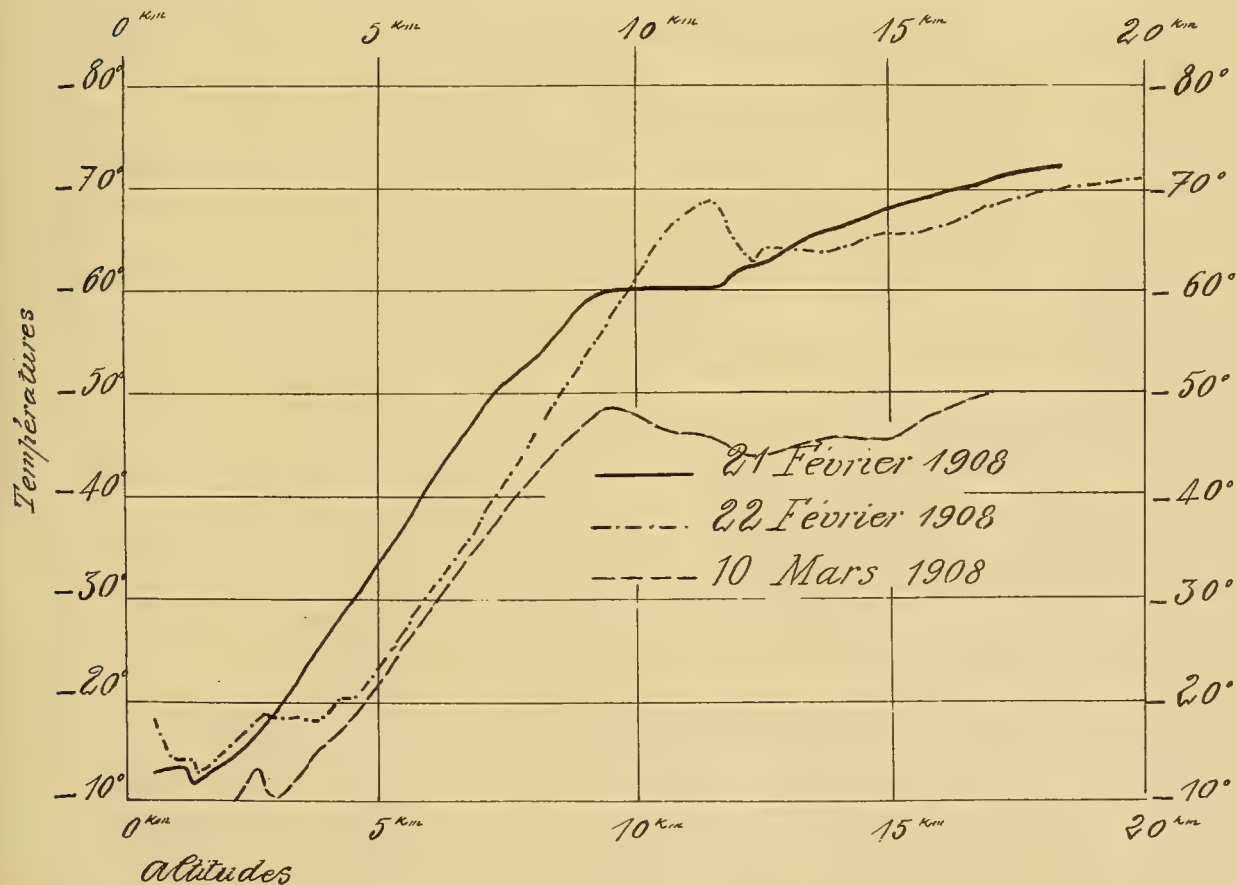


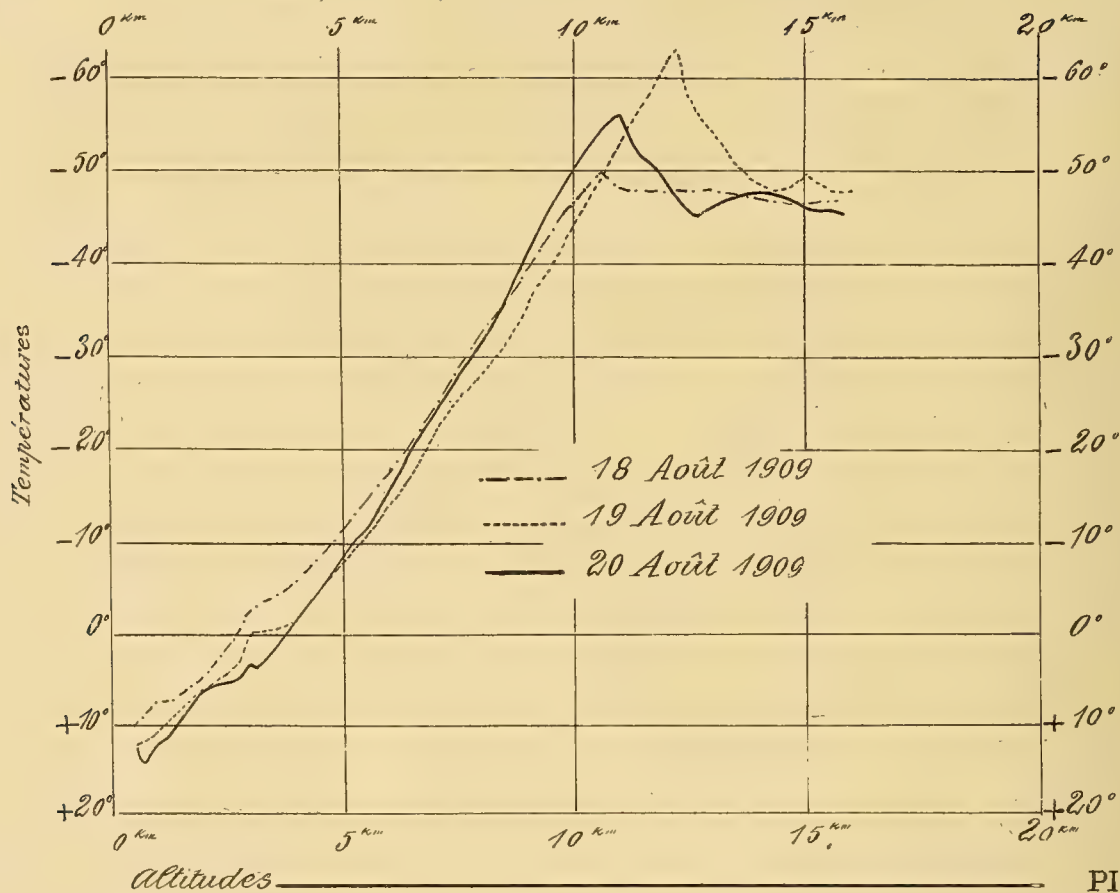
PIV.



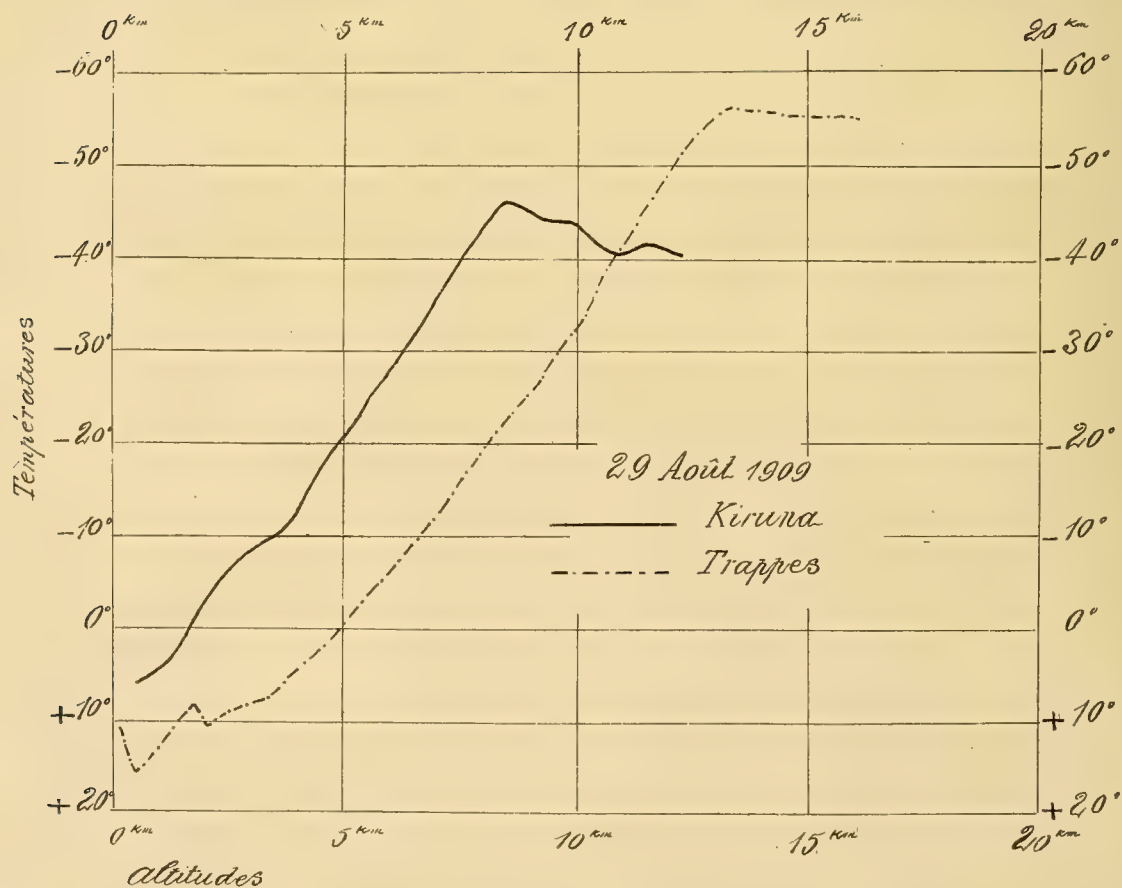


PL. VII.





PL.IX



NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS

SER. IV. VOL. 3. N. 8.

· ÜBER DIE
KARBONBRACHIOPODEN
SPITZBERGENS UND BEEREN EILANDS

VON

C. WIMAN.

MIT 19 TAFELN.

(DER KÖNIGL. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 13. MÄRZ 1914)

UPSALA 1914
AKADEMISCHE BUCHDRUCKEREI
EDV. BERLING.

VORWORT.

Im Jahre 1907 übernahm ich es, die von den schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Beeren Eiland (29) zusammengebrachten Karbonbrachiopoden zu bearbeiten. Das meiste und beste Material von dieser Tiergruppe befindet sich im Reichsmuseum zu Stockholm und wurde mir von dem Intendanten der tier-paläontologischen Abteilung, Professor G. HOLM in der lebenswürdigsten Weise zur Verfügung gestellt.

Alle schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen haben Karbonbrachiopoden gesammelt. Unter den älteren Expeditionen ist es aber besonders A. E. NORDENSKIÖLDS Expedition von 1868, welche eine grosse Collection mitgebracht hat.

JOH. GUNNAR ANDERSSONS Sammlung aus Beeren Eiland 1899 ist am zielbewusstesten zusammengebracht worden und ist auch fast eben so gross wie alle die älteren Sammlungen zusammen.

ANDERSSON hat seine Sammlung selbst vorläufig bearbeitet (1) und hat mir auch ein Protokoll über seine Bestimmungen überlassen, wovon ich im Anfang meiner Arbeit grossen Nutzen gehabt habe.

In einem Teil der älteren Sammlungen im Reichsmuseum sind Exemplare der meisten Arten von TSCHERNYSCHEW in späterer Zeit bestimmt worden. Zum Teil müssen diese Bestimmungen den Angaben über Beeren Eiland und Spitzbergen in der tabellarischen Übersicht Seite 352—360 in TSCHERNYSCHEWs Arbeit von 1902 über »Die obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan« (47) zu Grunde liegen. Es ist natürlich für meine vorliegende Arbeit ein grosser Vorteil gewesen, dass ich mich in dieser Weise der Leitung eines so erfahrenen Forschers erfreuen konnte.

Einige Stücke, die sich im Besitz der Hochschule zu Stockholm befanden, hat mir Professor G. De GEER zur Bearbeitung überlassen.

Eine kleine Sammlung, welche von dem damaligen Docenten in Upsala P. ÖBERG 1872 an der Skansbay gesammelt worden war, gehört dem Museum in Upsala und war mir besonders nützlich, da ich an dieser eine Methode zur Auslösung der Fossilien ausgearbeitet habe.

Im Anfang meiner Arbeit an den arktischen Karbonbrachiopoden bot sich eine Gelegenheit, die Sammlungen an Ort und Stelle zu vermehren und Material aufzusuchen, welches dazu geeignet war, ausgelöst zu werden. Professor G. DE GEER schlug mir nämlich vor, an seiner Expedition in das Eisfjordgebiet auf Spitzbergen 1908 teilzunehmen und ich erhielt auch zu diesem Zwecke von der Gesellschaft für Anthropologie und Geographie in Stockholm das grosse nach dem Afrikaforscher J. A. WAHLBERG benannte Reisestipendium. Da aber die Expedition 1908 hauptsächlich andere Zwecke und ein sehr umfassendes Programm hatte, war es mir natürlich nicht möglich alle Karbonvorkommnisse zu besuchen. Ich habe an folgenden Stellen gearbeitet: Im Stenbrohulttal am Westufer von Green Harbour etwa 2 Tage, Anserbucht an der Mündung von Billen Bay 2 Tage, am Pyramidenberge an der Westseite von Billen-Bay etwa 3 Tage, Ostseite von Flowers Tal am Südufer der Sassen Bay 3,5 Tage, Wijks Berg an der Mündung von Dickson Bay 4 Tage.

Alle diese Lokale befinden sich im Eisfjord, wo sich die Expedition meistens aufhielt; ihre Lage geht aus einem Vergleich folgender von DE GEER herausgegebener Karten hervor: Geological Map of Central Spitzbergen. 1:200,000. 1910 (4. Pl. 1). Map of Central Spitzbergen with the main Coal-District. 1:300,000 (5 Tafl. 11).

Um die übrigen in dieser Arbeit erwähnten Lokale aufzufinden, dürften folgende Karten Palæontologen und Geologen am leichtesten zugänglich sein: NORDENSKIÖLD, A. E. Utkast till en geologisk Karta öfver Spetsbergen 1:1000,000 (33. Tafl. 2), NATHORST, A. G. Karta öfver Spetsbergen hufvudsakligen efter Nordenskiölds karta 1874 jämte iakttagelser under den svenska geologiska expeditionen 1882. (26), NATHORST. Geologische Kartenskizze von Spitzbergen 1:2,000,000 (28. Tafl. 14). ANDERSSON, J. G. Geologische Kartenskizze über die Bären Insel. (1 Tafl. 10).

Bei der Bearbeitung der Spitzberger Karbonbrachiopoden war es auch notwendig, die Originale TOULAS kennen zu lernen. Zu diesem Zweck habe ich mit Unterstützung des Ministeriums im Herbst 1913 die Museen in Wien besucht.

Dass es so lange gedauert hat, bis meine 1907 angefangene Arbeit fertig geworden ist, beruht darauf, dass dann und wann andere dringende Arbeiten dazwischen gekommen sind.

HISTORISCHES.

Abgesehen von einer unbedeutenden Notiz über *Terebratulites* von Kap Fanshave (35 Seite 227) findet man die ältesten Nachrichten über Karbonbrachiopoden aus dem Spitzbergengebiet bei L. v. BUCH (2.) welcher eine kleine von dem norwegischen Naturforscher KEILHAU (19.) 1827 aus Spitzbergen und Beeren Eiland mitgebrachte Sammlung bearbeitet hat. BUCH erwähnt drei verschiedene *Productus*-Arten, beschreibt *Spiriferina Keilhavii* und teilt ein von KEILHAU gezeichnetes Profil mit, aus welchem hervorgeht, dass dieser Forscher die Lage des Spiriferenkalks richtig erkannt hat. Die Schichten werden zum Karbon gerechnet.

Die ziemlich bedeutende Sammlung von oberkarbonischen Brachiopoden, welche S. LOVÉN von seiner Expedition 1837 mitbrachte, wurde damals nicht bearbeitet, sondern die Nachrichten kommen noch immer aus dem Auslande, dieses Mal aus Belgien.

Es ist der hervorragende Kenner des Kohlenkalks L. DE KONINCK, welcher die Karbonfossilien, die ROBERT (36) 1838 aus Bellsund mitgebracht hatte, und welche sich in Paris befinden, 1846 und 1850 untersucht hat (20. 22.). Mehrere Brachiopoden werden behandelt, darunter auch eine *Productus*-Art, die von nun an während mehrerer Decennien in der Literatur als *Productus horridus* vorkommt. Es dürfte wohl zum grossen Teil eben diese Form sein, welche die mit DE KONINCK anfangende Diskussion über das Alter des Oberkarbons veranlasst hat. DE KONINCK behauptet nämlich, dass die betreffenden Brachiopoden nicht zum Karbon, sondern zum Perm, »magnesian limestone«, »Zechstein« gehören.

Diese beiden Arbeiten von DE KONINCK sind in dem grossen Reise-
werke von ROBERT, Teil 2. Seite 250 neugedruckt worden. Das Druck-
jahr des ganzen Werkes ist unbekannt, muss aber später als 1848
sein. Die Figuren sind viel schlechter als in DE KONINCK'S Arbeit und
auch für ihre Zeit unverwendbar. Die betreffende Tafel 19 ist vor DE
KONINCK'S erster Publikation gedruckt; die Namen sind auch ganz an-
dere. Die Erklärung der Tafel ist am 21 Mai 1845 gedruckt. ROBERT
betrachtet die brachiopodenführenden Schichten als Karbon.

SALTER (37) hat 1861 das von LAMONT auf Spitzbergen erbeutete
Material von Karbonbrachiopoden bearbeitet. Er teilt nicht DE KONINCK'S
Auffassung von dem Alter der Schichten, sondern ist der Ansicht, dass
die Fauna von »Carboniferous type» ist.

1866 erschien A. E. NORDENSKIÖLD'S wichtige Arbeit »Utkast till
Spetsbergens Geologi» (33). In dieser wird eine ausführliche Erörterung
auch für »die Bergkalkformation» geliefert.

In den Jahren 1874 und 1875 erscheinen drei Arbeiten von TOULA
(41, 42, 43), welche Karbonfossilien aus Spitzbergen behandeln. TOULA
gibt Beschreibungen und Abbildungen von sehr vielen Brachiopoden.
Im ganzen werden 64 Arten von Karbonfossilien behandelt. Von diesen
»sind 38 mit ziemlicher Sicherheit als Carbon und 17 als dyadische
Formen zu bezeichnen», weshalb nach TOULA die »Anschauung, welche
DE KONINCK schon 1849 ausgesprochen hat, einige Berechtigung habe». Diese
Berechtigung ist nach TOULA so zu fassen, dass auf Spitzbergen
marine Schichten, welche jünger als der westeuropäische Kohlenkalk
sind, allmählich einen mehr permischen Charakter annehmen, was ja
auch ganz richtig ist.

Auf die Identifizierung der Toulaschen Arten komme ich unten
vielfach zurück.

Ganz unabhängig von TOULAS letzter Arbeit kommt G. LIND-
STRÖM am 4 Febr. 1875 (10) zu einem ähnlichen Resultat. (34). Er
hat 63 Arten von der schwedischen Expedition 1868 untersucht. Von
diesen sind 34 Brachiopoden. LINDSTRÖM weist nach, dass Arten, »wel-
che für *ausschliesslich* permisch und infolge dessen für diese Formation
in hohem Grade charakteristisch gehalten worden sind, auf Spitzber-
gen und Beeren Eiland in Schichten vorkommen, welche eine grössere
Anzahl Arten enthalten», welche sonst ausschliesslich für das marine
Unterkarbon bezeichnend sind. Als Resultat »dieser präliminären Un-
tersuchung geht hervor, dass die Schichten, aus welchen die Fossilien

stammen, wirklich einem Glied des Kohlenkalks gehören, welches aber durch Beimischung von Arten, die in allen anderen Ländern nur in der Permformation vorkommen, ein eigenthümliches Gepräge erhalten hat.» LINDSTRÖM vergleicht den Kohlenkalk Spitzbergens mit dem Upper Mountain Limestone in Schottland, ohne jedoch die Schichten zu parallelisieren.

Das Resultat ist ja wie auch bei TOULA richtig, aber die Voraussetzungen sind streng genommen falsch, denn die betreffenden Arten, wenigstens der Brachiopoden, sind meistens weder unterkarbonisch noch permisch, aber wo man 1875, von westeuropäischem marinem Unterkarbon und Zechstein ausgehend, marines Oberkarbon beurteilen sollte, drückte man sich natürlich wie TOULA und LINDSTRÖM aus. Beide Forscher haben hauptsächlich mit Fossilien aus dem oberkarbonischen Spiriferenkalk zu tun gehabt.

Nach 1875 befasst sich in 23 Jahren niemand mit den arktischen Karbonbrachiopoden, nur werden sie von verschiedenen Expeditionen gelegentlich eingesammelt.

Dagegen sind auf der von NATHORST und DE GEER 1882 (26) unternommenen Expedition neue Profile aufgenommen worden, und diese Expedition hat auch einige Publikationen veranlasst, welche dazu geeignet sind neues Licht über das arktische Oberkarbon zu werfen.

Hierher gehört DUNIKOWSKIS (6) Bearbeitung einiger Spongien, GOËS (12) Beschreibung von »*Fusulina cylindrica*» aus dem neuentdeckten Fusulinakalk, LUNDGREN'S (24) Bemerkungen über die ebenfalls 1882 entdeckte vermutete Permformation, worauf ich unten zurückkomme, und HINDES (16) Nachweis, dass die productusführenden Kieselgesteine Spitzbergens von Spongien gebildet sind.

Mit TH. TSCHERNYSCHEW, dem ausgezeichneten Kenner des russischen jüngeren Polæozoicums, beginnt eine neue Ära in unserer Kenntniss des arktischen marinen Karbons, sowohl was die Brachiopoden betrifft wie in Bezug auf die Deutung der Stratigraphie.

Schon in seiner ersten diesbezüglichen Arbeit »Über die Artinsk- und Carbon-Schwämme« . . . von 1898 (45) werden die Oberkarbonischen und permo-karbonischen Bildungen Spitzbergens mit den entsprechenden Cora-, Schwagerinen- und Artinsk-Ablagerungen, in Russland parallelisiert.

Diesem stratigraphischen Resultat liegen theils die obenerwähnten Spongien zugrunde, theils neue Bestimmungen eines Theils des Stock-

holmer Brachiopodenmaterials, Bestimmungen, welche zum ersten Mal mit der Kenntniss eines reichen, marinen Oberkarbons ausgeführt worden sind.

Nach einem kürzeren Besuch mit NATHORSTS Expedition 1898 hielt sich JOH. GUNNAR ANDERSSON den ganzen Sommer 1899 auf der Bären Insel auf.

Die ganze Insel wurde gründlich untersucht und das geologische Resultat in einer Publikation: Über die Stratigraphie und Tektonik der Bäreninsel (1) niedergelegt.

Über die Karbonschichten der Insel wird (1. Tabelle 1) folgendes Schema geliefert:

Karbon	Oberkarbon	Jüngerer.	{ <i>Spiriferenkalk</i> mit einer mächtigen Sandsteinbank.
		Diskordanz	
		Älterer.	{ <i>Corakalk</i> <i>Sandstein</i> mit Bänken von Korallenkalk
		Diskordanz	
	Mittelkarbon		<i>Fusulinenkalkstein</i>
			<i>Gelber Sandstein</i> ohne Fossilien
			<i>Roter Sandstein</i> mit Kalkbänken (Ambiguakalk)
			Lücke.

Unter anderem wird von ANDERSSON auch wahres Mittelkarbon, der schon 1898 gefundene Ambiguakalk, nachgewiesen. In einer Nachschrift hat sich der Verfasser mit Akademiker TSCHERNYSCHEW beraten, der die Bestimmung der *Fusulina* und das mittelkarbonische Alter des Fusulinenkalks bezweifelt, was sich nachher auch als richtig herausgestellt hat.

Ein Versuch, auch für Spitzbergen Mittelkarbon, *Mosquensis*-Kalk, nachzuweisen, dem auch TSCHERNYSCHEW in der obenerwähnten Nachschrift beistimmt, ist, wie sich nachher gezeigt hat, unglücklich ausgefallen. Über die diesbezügliche Bestimmung siehe unter *Spirifer Fritschii*.

In seiner *Lethæa palæozoica* (8) widmet FRECH dem arktischen jüngeren Palæozoicum drei Seiten. Es werden dabei neue Abbildungen älterer, besonders Toulascher Brachiopodenoriginale gegeben

und ältere Bestimmungen werden diskutiert. Der Name Arta-Stufe statt Artinsk- resp. Artinskische Stufe wird vorgeschlagen, und die betreffenden Ablagerungen werden zum Perm gerechnet, während sie sonst, von den Russen, als ein Übergangsglied zwischen Oberkarbon und Perm betrachtet werden.

Im Jahre 1902 erscheint TSCHERNYSCHEWs grosse Monographie über »Die Obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan«. Seit 1898 hat TSCHERNYSCHEW sowohl selbst Spitzbergen ziemlich weitläufig bereist als auch die Stockholmer Sammlung noch eingehender studiert. TSCHERNYSCHEW bestätigt nun seine frühere Parallelisation der oberkarbonischen Ablagerungen auf Spitzbergen und in Russland, »nur mit der Einschränkung, dass der sogenannte Cyatophyllumkalk nicht bloss als ein Aequivalent des timano-uralischen Cora-Horizontes, sondern auch, mindestens zum Teil, unserer Omphalotrochus-Schichten zu betrachten ist».

»Irgendwelche bestimmte Hindeutungen auf das Vorhandensein mittelcarbonischer Ablagerungen in mariner Facies auf Spitzbergen sind mir nicht bekannt».

Die Frage nach dem Alter des Fusulinenkalks auf Beeren Eiland wird einstweilen offen gelassen, aber der Verfasser glaubt nicht, dass er mit zum Mittelkarbon gehört.

Was die oben erwähnten, vermuteten Exemplare von *Spirifer mosquensis* aus Spitzbergen in der Stockholmer Sammlung betrifft, auf welche ANDERSSON das Vorkommen der Mosquensiszone auf Spitzbergen gegründet hat, so ist TSCHERNYSCHEW jetzt zu einer anderen Auffassung als 1900 gekommen. Der Verfasser sagt hierüber (Seite 688): »Diese Exemplare habe auch ich in Augenschein genommen und bin dabei zur Ansicht gekommen, dass sie vom typischen *Sp. mosquensis* verschieden sind und zu einer Art gehören, die auch den Schwagerinenschichten des Ural nicht fremd und in vorliegender Arbeit als *Spirifer* cf. *Fritschi* SCHELLW. beschrieben worden ist. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, dass ich das Vorkommen von Ablagerungen der mittleren Carbon-Abteilung auf Spitzbergen für unwahrscheinlich halte, namentlich nachdem ANDERSSON die Existenz solcher auf der Bären Insel untrüglich nachgewiesen hat. Es sind mir nur vor der Hand solche zwingende Beweise für Spitzbergen noch nicht bekannt.»

Im Spitzbergengebiet entsprechen also nach TSCHERNYSCHEW die productusführenden Kieselgesteine der Artastufe oder dem Permocarbon im engeren Sinne, der Spiriferenkalk dem Schwagerinenhorizont und der Cyathophyllumkalk dem Corakalk und wenigstens einem Teil der Omphalotrochus-schichten:

Aus den kieseligen Productusschichten, dem Spiriferenkalk und dem Cyathophyllumkalk werden (Seite 360) nicht weniger als 43 Brachiopodenarten mit Angabe des Horizonts angeführt, und alle diese Arten kommen in entsprechenden Schichten in Russland vor.

In einer 1908 erschienenen posthumen Arbeit von SCHELWIEN (39) werden die arktischen Fusulinen behandelt und vier Arten werden beschrieben oder erwähnt.

In dem geologischen Teil dieser Arbeit hebt v. STAFF unrichtig den Fusulinakalk aus dem Cyathophyllumkalk heraus und parallelisiert ihn mit einem unteren Teil des russischen Schwagerinenkalks, was wahrscheinlich auch unrichtig oder jedenfalls sehr zweifelhaft ist.

Was Beeren Eiland betrifft, behauptet der Verfasser: »Der Productus-Kieselschiefer der Artastufe ist auch hier vorhanden und durch *Spir. Keilhavii* gekennzeichnet«. Diese Notiz stammt aus Lethæa palæozoica (Seite 496). Es ist unter gewissen Bedingungen, auf welche ich unten zurückkomme, möglich, dass sie zum Teil richtig ist, aber hierüber weiss man noch nichts.

In einer späteren Arbeit von STAFF und WEDEKIND (40.) werden aus dem oberkarbonischen Foraminiferensapropelit des Spitzbergengebiets mehrere Foraminiferen beschrieben oder erwähnt und die Sapropelitnatur des eigentlichen Fusulinenkalks wird von H. POTONIÉ nachgewiesen.

Zum Geologenkongresse 1910 erscheint A. G. NATHORSTS Beiträge zur Geologie der Bären-Insel, Spitzbergens und des König-Karl-Landes (28), ein Werk, wie es über ein Polargebiet kein zweites giebt. Es ist eine auf grossartige eigene Erfahrung gegründete Durcharbeitung des sämtlichen vorhandenen Materials, ob nun dieses vorher publiciert war oder nicht.

Was in dieser Arbeit speciell das Karbon betrifft, so werden zahlreiche neue Profile mitgeteilt, es werden Zusammenstellungen der Stratigraphie, der Facieswechselungen und der Diskordanzen gegeben. Die Probleme werden formuliert. Ich komme unten in dem stratigraphischen Teil vielfach auf NATHORSTS Arbeit zurück.

Im Jahre 1911 erschien eine Arbeit von O. HOLTEDAHL (17), worin eine Fauna der Moskauer Stufe beschrieben wird, die der Verfasser auf Bröggers Halbinsel an der Mündung von Kings Bay im Cyathophyllumkalk 130 M. unter dem eigentlichen Fusulinenkalk gefunden hat. In dieser Fauna finden sich 21 auch der Art nach bestimmte Brachiopoden, darunter auch *Spirifer mosquensis*.

Im zweiten 1913 erschienenen Teil derselben Arbeit (18) kommen auch mehrere interessante Beobachtungen über das Karbon in zum Teil recht unzugänglichen Gegenden im nordwestlichen Spitzbergen vor.

Auch auf diese Arbeit komme ich im stratigraphischen Teil zurück.

STRATIGRAPHISCHER TEIL.

Was die Stratigraphie der Karbonschichten im Spitzbergengebiet betrifft, verweise ich auf die citierte Arbeit von NATHORST (28), welcher davon viel mehr kennt und gesehen hat als ich. Ich begnüge mich hier damit, hauptsächlich nach NATHORST und HOLTEDAHL eine Übersicht über die Karbonbildungen zu geben. Diese ergänze ich mit eigenen Beobachtungen und Ansichten. Zum Schluss werde ich unsere gegenwärtigen Kenntnisse von dem s. g. wahren Perm auf Spitzbergen erörtern.

Der Cyathophyllumkalk. Die marine Karbonserie wird, wie man an mehreren Stellen beobachtet hat, durch ein Basalkonglomerat eingeleitet. HOLTEDAHL hat es an verschiedenen Punkten im nordwestlichen Spitzbergen beobachtet. Auf Bröggers Halbinsel ist es vielleicht 20 M. mächtig, im Binnenlande ist es schwächer ausgebildet (18. Seite 35). Am Nordende von Skansen Quarter, südlich von Mimers Bucht in Billenbay habe ich 1908 an dem Kontakt zwischen Devon und Cyathophyllumkalk ein wenige Cm mächtiges Konglomerat mit Cyathophyllumkalk als Bindemittel und roten Geröllen aus Devonschiefer beobachtet.

An der Kingsbay liegen, wie HOLTEDAHL (17) nachgewiesen hat, über diesem Konglomerat Mosquensisschichten. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass auch im Eisfjordgebiet der Cyathophyllumkalk un-

Tabellarische Übersicht über die Karbonbildungen auf Spitzbergen
und Beeren Eiland.

Stufen.	Spitzbergen.		Beeren Eiland.	Russland.
Permokarbon.	Productusführende Kiesel- gesteine.		Fehlt. ↑ ?	Artastufe.
Oberkarbon.	Spiriferenkalk.		Spiriferenkalk.	Schwagerinenkalk.
	Diskordant auf Kulm u. Devon. Cyathophyllumkalk.	↑ ? ↓	Fehlt. Diskordanz.	? ↓ ↑ ?
		Fusulinenkalk.	Corakalk. Korallensandstein. Diskordanz. Fusulinenkalk.	Coraschichten. Omphalotrochus- horizont.
		Corakalk, oben mit Schellwienia ↑ ?		
Mittelkarbon.	Kalk mit Sp. mosquensis. Konglomerat.	Untere Gipsstufe. Alter unbe- stimmt.	Sandstein ohne Fossilien. Sandstein mit Am- biguakalk.	Mosquensis-kalk.
Unterkarbon.	Kulmsandstein. Diskordant auf Devon und Grundgebirge.		Fehlt. Lücke.	Unterkarbon.

mittelbar über dem Konglomerat der Mosquensiszone liegt. Ich habe jede Gelegenheit benutzt, in tiefem Cyathophyllumkalk Fossilien zu suchen, aber immer vergebens.

Die untere Gipsstufe NATHORSTS (28 Seite 330) kenne ich nicht aus eigener Erfahrung.

Durch den Cyathophyllumkalk habe ich 1908 zusammen mit BERTIL HÖGBOM folgendes schon 1910 von NATHORST veröffentlichtes Profil aufgenommen.

Profil durch den Cyathophyllumkalk bei Kap Anser in Billen Bay.

Spiriferenkalk, etwa	10 M.
Talus (Cyathophyllumkalk), etwa	20 »
Cyathophyllumkalk, mit unreinem Gips wechselnd	110 »
Heller Gips mit Bänken von Cyathophyllum- kalk	91 M.
Reiner Cyathophyllumkalk	119 »
Fusulinenkalk	0,5 »
Cyathophyllumkalk mit schmutzigen und weissen Gipsbänken	120 »
Roter Kulmsandstein	75 »
Dunkle Schiefer mit Kohlen	10 »
Heller Sandstein, etwa	10 »

In diesem Profil ist der Cyathophyllumkalk also etwa 460 M. mächtig.

Der Cyathophyllumkalk ist äusserst arm an Versteinerungen. Selbst TSCHERNYSCHEW (47 Seite 352) giebt nicht mehr als 12 Brachiopoden aus diesem Niveau an.

Der eigentliche Fusulinenkalk ist hier nicht mächtiger als 0,5 M., und es ist dieses kleine Niveau, welches besonders bituminös ist und von POTONÉ (40) als Foraminiferensapropelit gedeutet worden ist. Ob die von STAFF angeführten Rhizopodenarten aus Fusulinakalk, aus Cyathophyllumkalk oder aus beiden stammen, geht aus seiner Darstellung nicht hervor. Es ist mir auch nicht möglich, dieses nach der im Besitz des geologischen Instituts in Upsala befindlichen Sammlung zu entscheiden, da sie ohne jegliche von STAFF ausgeführte Etikettierung zurückgekommen ist. In dieser Sammlung befinden sich nämlich mehrere Stücke von rhizopodenreichem Cyathophyllumkalk, die auch von STAFF angeführt worden sind, und welche zeigen, dass das fusulinenführende Niveau bedeutend mächtiger ist als der eigentliche Fusulinakalk.

STAFFS (39, Tabelle, Seite 159) Altersbestimmung (Schwagerinnenniveau) des Fusulina-, resp. Schellwienia-kalks auf Spitzbergen kann nur unter der Bedingung richtig sein, dass ein bedeutender oberer Teil des Cyathophyllumkalks zusammen mit dem Spiriferenkalk dem

russischen Schwagerinenkalk entspricht. Wenn das auch für den Schellwieniakalk selbst zutreffend wäre, so dürfte es doch nicht für den unmittelbar unter dem Schellwieniakalk liegenden Teil des Cyathophyllumkalks d. h. den Corakalk gelten, der im oberen Teil auch reich an (wahrscheinlich denselben) Rhizopoden ist. Der Fusulina- resp. Schellwieniakalk liegt immer tief in dem Cyathophyllumkalk, bei Kap Anser z. B. 340 M. unter dem Spiriferenkalk, und es ist nur dieses Glied, welches sicher als zum Schwagerinenniveau gehörig hat bestimmt werden können.

Es ist unter solchen Bedingungen viel natürlicher den Fusulina-kalk auf Spitzbergen als ein oberstes Glied des Corakalks zu betrachten, der auch, soweit man beurteilen kann, dieselben Rhizopoden enthält.

Auch abgesehen von den stratigraphischen Verhältnissen auf Spitzbergen ist STAFFS Altersbestimmung des Fusulinenkalks wenig begründet. Die einzige der auch der Art nach bestimmten Spitzberger-Formen, welche auch aus einem anderen Gebiet bekannt ist, ist *Schwagerina princeps*, und diese Art scheint auch nicht ausschlaggebend zu sein, denn sie soll (39. Seite 173) »die Fusulinenkalke auf Spitzbergen und der Bäreninsel« . . . »dem höheren Obercarbon zuweisen und sie zum mindesten den Coraschichten, wenn nicht den Schwagerinenkalken Russlands gleichstellen«.

HOLTEDAHL (18) hat den Schellwieniakalk an mehreren Stellen im nordwestlichen Spitzbergen angetroffen, darunter auch im Inneren der St. John Bay und ist auch zu der Auffassung gekommen, dass dieses Glied älter als die Schwagerinenschichten ist (Seite 37) und, dass sich die Fusulinen nicht als Anhaltspunkte für eine genauere, ganz sichere Altersbestimmung eignen.

Ist STAFFS Altersbestimmung des spitzberger Schellwieniakalks unrichtig, so ist das in noch höherem Grad der Fall bei dem Schellwieniakalk auf Beeren Eiland, denn dieser liegt unter dem Corakalk. Zwischen den Fusulinenkalken Spitzbergens und Beeren Eilands liegt also fast der ganze Corakalk.

HOLTEDAHL hat auch nachgewiesen, dass der Fusulinenkalk auf Spitzbergen nicht auf einem konstanten Niveau im Cyathophyllumkalk zu liegen scheint. Ist das richtig, so dürfte es sich so verhalten, dass eine Rhizopodenfacies, d. h. Fusulinenkalk, bald auf dem einen bald auf dem anderen Niveau im Corakalk zur Ausbildung gekommen wäre.

Dann würde man aber mitunter mehr als ein Fusulinaniveau in den sehr mächtigen Profilen antreffen.

Sollte wirklich HOLTEDAHLS Angabe über die geringe Mächtigkeit, 2—3 M., des *Cyathophyllum*kalks unter dem Fusulinenkalk in seinem Profil W. von Green Harbour (18. Seite 41) richtig sein und nicht auf geotektonischen Verhältnissen beruhen, so könnte man sich vorstellen, dass der Schellwieniakalk auf Beeren Eiland mit einem solchen tiefen Schellwieniakalk auf Spitzbergen identisch sei.

Ich habe oben als eine Alternative ausgesprochen, dass der obere Teil des *Cyathophyllum*kalks mit zum Schwagerinenniveau gehören könnte. Etwas Sicheres hierüber weiss man nicht, aber manches spricht dagegen.

Die petrographische Beschaffenheit des *Cyathophyllum*kalks ist zwar wechselnd aber doch immer charakteristisch und ganz anders als im *Spirifer*enkalk und in dieser Beziehung besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen dem oberen Teil und dem sicher zum Corahorizont gehörenden unteren Teil. Aus petrographischen Gründen ist es also wahrscheinlich, dass der obere Teil des *Cyathophyllum*kalks mit zum Corahorizont gehört.

Es giebt noch einen zweiten Umstand, welcher nach derselben Richtung hinweist, auf Beeren Eiland hat nämlich ANDERSSON eine Diskordanz zwischen dem Corakalk und dem *Spirifer*enkalk nachgewiesen.

Der *Spirifer*enkalk. In meinem obigen Schema habe ich den *Spirifer*enkalk Spitzbergens mit demjenigen Beeren Eilands parallelisiert. Dieses bedeutet nach der bisherigen Terminologie, dass ich den *Spirifer*enkalk Beeren Eilands auf Spitzbergen mit nicht nur dem *Spirifer*enkalk sondern auch mit einem unteren Teil der productusführenden Kieselgesteine parallelisiert habe. Ich habe also auf Spitzbergen die obere Grenze des *Spirifer*enkalks etwas hinaufrücken lassen und zwar aus folgenden Gründen.

Die geringe Mächtigkeit des *Spirifer*enkalks auf Spitzbergen, 10—12 M. gegen 71 M. auf Beeren Eiland (1. Seite 258) ist mir schon lange verdächtig vorgekommen. Der bisherige Begriff *Spirifer*enkalk hat sich im Eisfjord entwickelt und bedeutet ein leicht kenntliches petrographisches Glied mit senkrechtem Ausgehen der Schichten. Dieses petrographische Glied hat auch eine entsprechende paläontologische

Bedeutung, indem die Fauna, wenigstens nach den Stellen zu urteilen, die ich aus eigener Erfahrung kenne, einen einheitlichen Charakter hat.

Das diese Fauna nicht tiefer geht, weiss man, weil das Liegende des Spiriferenkalks, der obere Teil des Cyathophyllumkalks, so äusserst arm an Fossilien ist, was aber nicht zu hindern braucht, dass dieses Glied einem unteren Teil des russischen Schwagerinenhorizonts entsprechen könnte. Dagegen wird es vielleicht noch lange Schwierigkeiten bereiten, ein faunistisches Glied Spiriferenkalk nach oben abzugrenzen.

Ehe ich weiter gehe, reproduciere ich ein von BERTIL HÖGBOM und mir 1908 NNW von Marmiers Berg am Südufer der Sassenbay aufgenommenes Profil.

Perm		Meter
Kalkstein mit Kieselgesteinen		3
Glauconitsandstein mit <i>Lingula</i>		28
Kalkstein		5
Kieselgestein		5
Kalkstein		5
Kieselgestein		5
Kalkstein		5
Productusführende Kieselgesteine, etwa		95
Schwarzer Tonschiefer mit Bryozoen und Spongien		15
Glauconitsandstein		8
Kalkstein, etwa		20
Spiriferenkalk, etwa		10

Ich schlage nun vor, in diesem Profil die Grenze zwischen Spiriferenkalk und productusführenden Kieselgesteinen, resp. Schwagerinen- und Artastufe unter die 15 M. mächtige Schicht schwarzer »Tonschiefer mit Bryozoen und Spongien« zu setzen, weil dort die Arta-Spongien zum ersten Mal auftreten. Diese Grenze scheint mir zweckmässig, weil es überall leicht sein wird, diese Spongien aufzufinden. An der Mündung des Eisfjordes z. B. treten sie in gesteinsbildenden Massen auf.

NATHORST (28. Seite 343) sagt von dem Kalkstein unmittelbar über dem Spiriferenkalk in diesem Profil: »wenn nicht dieser Kalkstein

lieber als zum Spiriferenkalk gehörig betrachtet wird». Darin stimme ich NATHORST bei und zwar aus folgendem Grund. Im unteren Teil des 71 M mächtigen Spiriferenkalks auf Beeren Eiland hat ANDERSSON (1. Seite 258) an mehreren Stellen einen dunkelgrauen Kalksandstein mit ziemlich häufigen Exemplaren einer grossen *Derbyia* gefunden. Es ist diese »*Derbya*«, die unten als *Streptorhynchus Kempei* beschrieben worden ist. Sie ist auch von der schwedischen Expedition 1868 in grossen Massen auf Beeren Eiland eingesammelt worden. Diese Art tritt nun in einem ähnlichen Gestein in eben dieser von NATHORST besprochenen Kalkbank über dem Spiriferenkalk im Profil an der Sassenbay massenhaft auf. Sonst habe ich sie nirgends gefunden. Es kommt mir daher sehr wahrscheinlich vor, dass auch diese Kalkbank mit zum Spiriferenkalk gehört.

Der Spiriferenkalk wäre also an der Sassenbay, wenn auch nicht so mächtig wie auf Beeren Eiland, so doch 38 M. mächtig. Der Umstand, dass TSCHERNYSCHEW nicht weniger als 16 Brachiopodenarten angiebt, die dem Spiriferenkalk und den productusführenden Kieselgesteinen gemeinsam sind, spricht vielleicht auch dafür, dass ein Teil dieser Schichten mit zu jenen gehören. Es ist auch garnicht immer sicher, dass eine verkieselte Schicht zu dem Niveau der productusführenden Kieselgesteine gehört, denn selbst typischer Spiriferenkalk im engsten Sinne des Worts kann verkieselt sein.

Ich habe kein Detailprofil durch den Spiriferenkalk. Es kommt mir aber nicht sehr wahrscheinlich vor, dass ein Profil von einer Stelle auf eine andere angewandt werden könnte, was auch wegen der Gesteinbeschaffenheit nicht zu erwarten ist. Der ganze Spiriferenkalk ist eine Seichtwasser- resp. Litoral-bildung.¹ Sand ist fast immer vorhanden und Konglomerate mit Geröllen auch aus Brachiopodenschalen sind nicht selten (Taf. V Fig. 1—5). Die auf dieser Tafel abgebildeten Gerölle bestehen aus der Ventralschale von *Spiriferina polaris* Wn und man kann den Grad des Verschlisses zu ganz frischen Exemplaren verfolgen, niemals aber findet man hier die Spitzen und Zacken des Schalenrandes z. B. im Sinus erhalten; aber dessen ungeachtet kann man im selben Konglomerat, also in dieser umhergerollten Schalen-

¹ Unter Litoral verstehe ich nur das Gebiet, innerhalb dessen sich die Brandung geltend macht.

masse, auch ganz kleine Schalen anderer Arten in tadelloser Erhaltung finden. Auch die nicht oder nur wenig abgerollten Brachiopoden sind häufig in kleinen sich auskeilenden Schichten angesammelt, wobei die eine flache Linse hauptsächlich aus dieesr, die andere aus jener Art besteht.

Productusführende Kieselgesteine. Ich habe oben eine schwache Möglichkeit ausgesprochen, dass FRECHS resp. STAFFS Angabe über Artastufe mit *Spirifer Keilhavii* auf Beeren Eiland richtig sein könnte. Man könnte sich nämlich die Möglichkeit denken, dass ein oberer Teil des Spiriferenkalks dieser Insel zur Artastufe zu rechnen sei, und dieser Teil könnte dann möglicherweise durch *Spirifer Keilhavii* charakterisiert sein. Diese Art ist in dem Spiriferenkalk auf Beeren Eiland nicht selten und wird auch von ANDERSSON angegeben. Ob sie aber ein bestimmtes, hohes Niveau einnimmt, weiss man nicht.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) aus sowohl Spiriferenkalk wie aus kieseligen Productusschichten angeführt, und es könnte sich so verhalten, dass diese Angabe, was den Spiriferenkalk betrifft, aus ANDERSSONS Arbeit stammt oder sich auf die Exemplare dieses Verfassers bezieht und also nur für Beeren Eiland gilt, während die Angabe, was die kieseligen Productusschichte betrifft, auf eigener Beobachtung auf Spitzbergen beruht.

In diesem Fall könnte es also sein, dass diese Art auf Spitzbergen nur in Schichten, welche der Artastufe entsprechen, vorkäme.

Dann erübrigt aber noch zu ermitteln, ob die Art in den productusführenden Kieselgesteinen höher geht als in dem oben besprochenen unteren Teil, der dem Spiriferenkalk zuzurechnen ist.

In den Schwedischen Sammlungen liegen von *Spirifer Keilhavii* sehr wenige Exemplare aus Spitzbergen vor und es ist nicht möglich zu ermitteln, aus welcher Schicht sie stammen. Ich selbst habe sie auf Spitzbergen überhaupt nicht gesehen.

HOLTEDAHL (18. Seite 39, 40) berichtet, dass der Spiriferenkalk auf Bröggers Halbinsel und im zunächst liegenden Teil des Binnenlandes im SO in der gewöhnlichen Entwicklung zu fehlen scheint. Es lagern dann die productusführenden Kieselgesteine direkt auf dem Cyathophyllumkalk. Dies kann bedeuten, dass der Spiriferenkalk gegen NW auskeilt, aber es kann auch bedeuten, dass er selbst verkieselt worden ist.

Ausser den Pemmatitesarten hat man für die productusführenden Kieselgesteine keine leitenden Fossilien, und es liegen auch keine von diesem Gesichtspunkte aus angestellten Untersuchungen vor.

Die productusführenden Kieselgesteine werden öfters als reich an Versteinerungen angegeben und das sind sie auch, wenigstens zum Teil und an gewissen Stellen. An der einzigen Stelle, wo ich Gelegenheit gehabt habe die Schichten einige Stunden lang zu studieren, waren sie mit Ausnahme der untersten 43 M. von welchen, wie ich oben vorgeschlagen habe, die untersten 28 M zum Spiriferenkalk zu rechnen sind, äusserst arm an Versteinerungen. Die älteren schwedischen Expeditionen haben sehr viel auf der Axel-Insel im Bellsund gesammelt. Die Fossilien kommen dort in einem verkieselten Gestein vor und das Einsammeln ist daher so schwierig gewesen, dass ein grosser Teil dieses Materials nicht zu bestimmen ist.

Perm? Während der schwedischen Expedition 1882 wurden von A. G. NATHORST und G. DE GEER aus einer Schichtenserie zwischen Karbon und Trias, d. h. zwischen den productusführenden Kieselgesteinen und den ältesten, damals bekannten Triasschichten, Fossilien eingesammelt, welche nach Prof. G. LINDSTRÖM zeigen sollten, dass die betreffenden Schichten »dem wahren permischen System« angehörten (26. Seite 23). Es wird bei dieser Gelegenheit keine Motivierung dieser Bestimmung gegeben. Nachher ist dieselbe Sammlung von B. LUNDGREN in einer 1887 erschienenen Schrift bearbeitet worden (24). In dieser wird nach NATHORST dasselbe Profil gegeben, welches später von diesem Verfasser reproducirt worden ist (28. Seite 349) und welches folgendes Aussehen hat.

Trias

Perm			Meter
	Versteinerungsleere Sandsteine und Schiefer . . .	?	
	Hustediakalk		1,2
	Pseudomonotischiefer und Kalk		1,5
	Versteinerungsleere Schiefer und Sandsteine . . .	130	
	Myalinaschiefer		25—30
	Versteinerungsleere Schiefer und Sandsteine . . .	140—150	

Permokarbon.

Die Formation wurde an mehreren Stellen im Eisfjord und in Bellsund nachgewiesen und LUNDGREN hat die Fundstellen auseinandergehalten und mit Buchstaben und Ziffern bezeichnet, welche im Reichsmuseum an den betreffenden Handstücken wiederzufinden sind. Dieselbe Formation ist in der letzten Zeit von HOLTEDAHN (18 Seite 11) auch in der St. John Bay nachgewiesen worden und dürfte also wahrscheinlich auf Spitzbergen allgemein verbreitet sein.

Was nun die Altersbestimmung der betreffenden Schichtenserie, d. h. das Vorhandensein oder Fehlen der Permformation (nach russischer Terminologie) auf Spitzbergen betrifft, dürfte nunmehr Verschiedenes zu bemerken sein.

Ich will mit dem folgenden nicht gesagt haben, dass die Permformation auf Spitzbergen nicht vertreten ist, aber ich halte die Frage noch für ganz offen.

Erstens gehört eine der Fundstellen, K, südliches Ufer der Sassenbay, nicht hieher. Schon LUNDGREN zeigt eine gewisse Ratlosigkeit, wie dieser Fundort mit denen in Bellsund in Übereinstimmung zu bringen ist, da die Fossilien ganz andere sind. Schon 1908 teilte mir DE GEER, der 1882 die Stelle gefunden hatte, mit, dass sie durch sein Verschulden in LUNDGRENS Arbeit aufgenommen worden war. Auf DE GEERS Karte 1910, wo auch die Permformation im ganzen Eisfjordgebiet eingetragen ist, ist die Angabe in soweit berichtigt worden, als die nicht markierte Stelle, welche an der westlichen Ecke des Deltas vor Flowers Tal liegt, als Trias aufgenommen ist. Dasselbe gilt von einer etwas älteren Karte, die DE GEER mir mitgeteilt hat (50 Seite 127). Von den Fundstellen LUNDGRENS habe ich nur eben diese Stelle K besucht. Auf DE GEERS Expedition 1908 fand ich hier denjenigen Teil des Posidonomyaschiefers, den ich nachher (50 Seite 127) als das Fischniveau bezeichnet habe.

Diese Stelle K. fällt also als Fundort der Permformation weg.

Ferner ist es wahrscheinlich, dass wenigstens ein Teil des obersten Gliedes in NATHORSTS Profil nicht zum Perm gehört. WITTENBURG (51) hat nämlich in einem Lager, das wahrscheinlich zu der als Perm bezeichneten Schichtenserie gehört, Fossilien vom Alter des Buntsandsteins angetroffen.

Die folgende Diskussion beschäftigt sich also mit dem Alter des Hustediakalks und den vier darunter liegenden Schichten. Ob diese

zum Perm oder Permokarbon (in der engen russischen Bedeutung) gehören, kann derzeit unmöglich entschieden werden.

Die Fossilien, welche LUNDGREN aus seinem Perm anführt, sind folgende:

1. *Stenopora columnaris* SCHLOTH.
2. *Lingula* sp.
3. *Discina spitzbergensis* LGN.
4. *Productus?* sp.
5. *Streptorhynchus pelargonatus* SCHLOTH.
6. *Retzia Nathorsti* LGN.
7. *Terebratula* sp.
8. *Pecten Nordenskiöldi* LGN.
9. *Pecten* sp.
10. *Aviculopecten* sp.
11. » *Lindströmi* LGN.
12. » *Toulai* LGN.
13. » ? *borealis* LGN.
14. » ? *pygmæus* LGN.
15. » ? sp.
16. *Avicula* sp.
17. *Pseudomonotis Bjona* LGN.
18. » sp.
19. *Gervillea* sp.
20. *Bakewellia antiqua* MÜNST.
21. » *Sedgwickiana* MURCH.
22. *Leda* sp.
23. *Leda* sp.
24. *Myalina De Geeri* LGN.
25. *Allorisma?* sp.
26. *Natica* sp.

Von diesen sind N:o 9, 16, 18 und 21 zu streichen, weil sie von dem obenerwähnten Lokal K stammen. Von den übrigen 22 Arten haben 10 nicht der Art nach bestimmt werden können. Von den übrigen 12 sind 8 Arten neu und können, wenn sie auch nahe Verwandtschaft mit permischen Arten zeigen, nicht für das Alter ausschlaggebend sein.

Die vier übrigen Arten haben aus anderen Gegenden bekannte vertikale Verbreitung. Diese sind:



Stenopora columnaris SCHLOTH.

Streptorhynchus pelargonatus SCHLOTH.

Hustedia remota EICHW.¹

Bakewellia antiqua MÜNST sp.

Dass aber auch diese Arten nicht geeignet sind, die Altersbestimmung sicherzustellen, geht aus der folgenden Erörterung hervor.

Über *Stenopora columnaris* sagt LUNDGREN selbst, Seite 16: Ein Zweifel, dass diese Exemplare wirklich der betreffenden Art gehören, scheint nicht gerne in Rede kommen zu können, wenigstens wenn sie so weit gefasst wird, wie es GEINITZ und TSCHERNYSCHEW» (44. Seite 301) »tun, aber zu welcher von deren Varietäten oder Formen sie gehören, ist wegen deren Erhaltungszustande nicht möglich mit Sicherheit zu entscheiden.« Die Erfahrung dürfte wohl gezeigt haben, dass Korallen von diesem Typus, wie Korallen überhaupt, im allgemeinen ohne eine eingehendere Untersuchung als diejenige, wozu der Erhaltungszustand der drei Exemplare aus Bellsund eingeladen hat, nicht sicher bestimmt werden können. Die Bestimmung selbst dürfte also schon nach LUNDGRENs eigener Angabe kaum genügend scharf sein. Hierzu kommt, dass, wenn auch die Bestimmung tadellos wäre, damit nicht viel gewonnen wäre, denn *Stenopora columnaris* hat eine viel zu grosse vertikale Verbreitung, um über das genauere Alter des vermuteten Perms auf Spitzbergen entscheiden zu können. Schon LUNDGREN weist nach, dass TSCHERNYSCHEW die Art aus sowohl echtem Karbon wie Permokarbon und dem s. g. russischen Zechstein anführt.

Ahnlich verhält es sich mit *Streptorhynchus pelargonatus* SCHLOTH. Es liegt in den schwedischen Sammlungen noch kein grösseres oder besseres Material vor als das von LUNDGREN bearbeitete und dieses ist jetzt, wo mehrere Arten in Betracht kommen können, vollkommen unbestimmbar; man kann nur sagen, dass etwas *Streptorhynchus*-ähnliches vorliegt. Auch wenn die Bestimmung richtig wäre, hat sie für die Altersbestimmung der Schichten nichts zu sagen, denn *Streptorhynchus pelargonatus* SCHLOTH, ist nunmehr nicht nur in Perm sondern auch in Permokarbon, Oberkarbon (47. Seite 357) und Mittelkarbon? (17, Seite 24) gefunden worden.

Hustedia remota EICHW. kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 354) nicht nur im Perm sondern auch im Oberkarbon vor, wo sie sogar

1. Von LUNDGREN als neue Art unter dem Namen *Retzia Nathorsti* beschrieben (47. Seite 107).

ihre Hauptverbreitung zu haben scheint. Für Russland wird sie nur aus Oberkarbon, Cora- und Schwagerinenschichten, angegeben. Auf Spitzbergen hat TSCHERNYSCHEW die Art im Spiriferenkalk und in den Kieselgesteinen beobachtet, und HOLTEDAHN hat W. von Green Harbour die Art im Fusulinenkalk gefunden. Dass ich bei NATHORST (28. Seite 340) die Art als eine der häufigsten des Spiriferenkalks angegeben habe, beruht auf einem verwickelten Irrtum von mir; in den schwedischen Sammlungen liegt die Art nur aus dem Hustediakalk vor.

Von *Bakewellia antiqua* MÜNST sp. liegt nur eine linke Schale vor. Die ganze Gattung soll permisch sein (52) aber LUNDGREN giebt selbst eine andere *Bakewellia*-Art aus den Triasschichten eben an der Stelle K an der Sassenbay an und TSCHERNYSCHEW führt eine Art aus der Artstufe im Gouvernement Kostroma an (44. Seite 284).

Es ist also noch keine einzige Art aus den »wahren Perm-schichten« Spitzbergens bekannt, die für das Alter entscheidend sein könnte.

Es könnte nun schliesslich sein, dass, obgleich es keine einzige sicher leitende Art giebt, doch der Gesamtcharakter der ganzen Fauna für ein permisches Alter spräche. Letzteres liesse sich wohl sagen, aber es hat wenig zu bedeuten, denn wenn die betreffende Schichtenserie nicht permisch ist, sondern mit zum Permokarbon im russischen engeren Sinne des Worts gehört, so könnte der Gesamtcharakter der Fauna auch als permisch bezeichnet werden, um so mehr als schon das ganze russische Permokarbon nach anderer Terminologie als Perm betrachtet wird.

Auf Axels Insel in Bellsund hat B. HÖGBOM 1911 in einem »permischen« Kalkstein, der nach den Fossilien zu urteilen entweder dem Hustediakalk oder dem Pseudomonotisschiefer zuzurechnen ist, für das Institut in Upsala eine kleine Sammlung gemacht. Dieser Kalkstein ist faunistisch etwas abweichend von LUNDGREN'S Material. *Discina spitzbergensis* LGN und *Hustedia remota* EICHW. kommen vor, sind aber selten. *Aviculopecten Toulai* LGN. und *A. Lindströmi* LGN. sind zahlreich. Massenhaft tritt dagegen eine *Aulacothyris*-Art auf, welche der *A. wralica* KROTOW nahe kommt, aber keine Vertiefung an dem für diese Gattung bezeichnenden falschen Sinus der Dorsalklappe zeigt. Eine einzige wahrscheinlich neue *Aulacothyris*-Art ist auch nicht dazu geeignet, neues Licht über das Alter der betreffenden Schichten zu werfen, da

die Gattung *Aulacothyris* aus dem Mesozoicum in die oberkarbonischen Coraschichten (47. Seite 352) hinein reicht.

Es bleibt also nichts anderes übrig, als die Frage nach dem Alter des spitzberger »Perms« ganz offen zu lassen.

PALÆONTOLOGISCHER THEIL.

Methode.

Das Material, welches dieser Arbeit zu Grunde liegt, ist was die Präparationsmöglichkeit betrifft, von zwei wesentlich verschiedenen Arten. Ein Teil, und zwar der grössere, ist nicht verkieselt und hat also auch nicht ausgelöst werden können. Um ein solches Material mit der Nadel zu präparieren, wie ich es mit schwedischen Silurfossilien öfters getan habe, würde ein Menschenleben nicht ausreichen, weil die Arten so gross sind. Ich habe in diesem Fall meistens gar nicht oder jedenfalls so wenig wie möglich präpariert, sondern habe mich damit begnügt für die Abbildungen, falls solche nötig waren, so reine Exemplare wie möglich auszusuchen. Dass dieses doch verhältnissmässig so gut ausgefallen ist, beruht darauf, dass das Material so gross ist. Auch war das Material etwas präpariert, als ich es übernahm.

Ein zweiter Teil des Materials war verkieselt und ist ausgelöst worden. Von diesem habe ich das Meiste von eben diesem Gesichtspunkte aus selbst gesammelt. Dabei habe ich nicht nur verkieselte einzelne Exemplare an Ort und Stelle aufgesucht, sondern habe auch grosse Stücke von dem Gestein als Rohmaterial mitgenommen und zu Hause verarbeitet. Ich glaube, dass man, wenn man Zeit und Gelegenheit hätte, wenigstens im Spiriferenkalke jede Art in verkieseltem Zustande aufsuchen könnte.

Auch dieses Auslösen ist sehr zeitraubend gewesen und ich habe gewiss ein ganzes Jahr nichts anderes getan als Brachiopoden ausgelöst. Die Verkieselung ist sehr verschieden ausgefallen. An gewissen Stellen ist sie so grob und ungenau geworden, dass die

Exemplare als verdorben betrachtet werden müssen, an anderen dagegen ist an allen Exemplaren jede Einzelheit vorzüglich erhalten.

Aber auch in diesem Fall stösst man auf technische Schwierigkeiten, weil dann häufig nur die Oberfläche des Fossils verkieselt ist. Die Hauptmasse der Schale besteht dann aus kohlensaurem Kalk, der von dem dünnen Häutchen der verkieselten Oberfläche umgeben ist. Wie schwierig es unter solchen Umständen sein muss, z. B. die hohle Ventralschale eines grossen *Streptorhynchus* zu behandeln, ist leicht zu verstehen. Ja, man würde ohne besondere Massregel überhaupt nicht so weit kommen, denn die Schalen sind von feinen Rissen durchzogen, die mit neugebildetem Kalkspat gefüllt sind und das verkieselte Häutchen unterbrechen.

Es würde zu weitläufig sein, das Vorgehen im einzelnen zu beschreiben, aber ich habe den Hohlraum nach und nach mittels einer Pipette mit dünnem Gipsbrei gefüllt. Manchmal ist es auch nötig gewesen, die eine Seite mit einem Wachsüberzug zu schützen, während die andere mit der Säure behandelt wurde. So weit möglich habe ich es natürlich vermieden, das nicht verkieselte Innere — nicht des Schalenpaares sondern der einzelnen Schale — überhaupt auszulösen. Dünne verkieselte Häutchen können auch durch den Wachsüberzug genügend gestützt werden, bis der Gipsbrei eingespritzt worden ist.

Die Auslösung ist mit verdünnter Klorwasserstoffsäure ausgeführt worden, und natürlich ist schliesslich das ganze Präparat in Wasser sorgfältig ausgekocht worden, um jede Spur von Säure oder Salz zu entfernen. Dabei fliesst auch noch vorhandenes Wachs auf.

Weil der verwendete Gipsbrei so dünn sein musste, um gespritzt werden zu können, wurde er nach dem Erhärten nicht genügend haltbar. Deshalb habe ich zuletzt das Ganze mit Schellak imprägniert. Diese Imprägnierung ist auch für zarte, ausgelöste Schalen überhaupt vorteilhaft gewesen.

Hat die Präparation einer einzigen Schale in dieser Weise manchmal mehrere Tage in Anspruch genommen, so habe ich dafür ein anderes Mal, wo die Verkieselung vollständiger war, mit wenig Mühe viele Schalen erhalten.

Das aller Meiste des hier behandelten Materials stammt aus dem Spiriferenkalk, aber nicht einmal was dieses Glied betrifft, sind die Sammlungen einigermaßen vollständig. Es fehlen z. B. schon Arten

die TSCHERNYSCHEW anführt, und ich glaube, dass die Brachiopodenfauna schon des Spiriferenkalks etwa doppelt so gross ist. Es liegt eine Menge von Arten vor, die nicht mit beschriebenen Arten identisch sind, aber deren Reste nicht so vollständig sind, dass es zweckmässig ist, sie zu beschreiben.

In einigen Fällen habe ich von einer Art so grosse Suiten erhalten, dass ich im Stande gewesen bin, ganze Serien zusammenzustellen, welche das Wachsen oder die Grösse der Variation einer Art zeigen. Es ist so selten, dass einem solche Serien zu Verfügung stehen, dass ich es für zweckmässig gehalten habe diese Serien abzubilden.

Beschreibung der Arten

***Dielasma sacculus* MARTIN?**

Synonymie siehe DE KONINCK 23. Seite 27.

Die Art wird von HOLTEDAHN (17. Seite 17) aus den Mosquensis-schichten auf Bröggers Halbinsel an der Kingsbay angeführt. Die Bestimmung ist an einem einzigen unvollständigen und zerdrückten Exemplar ausgeführt worden und dürfte deshalb nicht ganz sicher sein.

***Dielasma Moelleri* TSCHERN.**

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW 47. Seite 29.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 352) aus dem Spiriferenkalk angeführt.

***Dielasma plica* KUT.**

Taf. I. Fig. 1—8.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW 47. Seite 34.

Es liegen viele Exemplare dieser Art vor. Sie scheint jedoch, nicht nur nach dem individuellen Alter sondern auch sonst, etwas mehr zu wechseln, als die Figuren TSCHERNYSCHEWs erkennen lassen, und

ich würde es kaum wagen alle Exemplare zu dieser Art zu stellen, wenn nicht eben das am meisten abweichende Exemplar, Fig. 1—4 von TSCHERNYSCHEW als »*Dielasma plica* KUT., typische Form» etikettiert wäre. Dieses Exemplar entspricht auch am besten der Bedeutung des Namens.

Auch TOULAS (41. Seite 2, Taf. 1. Fig. 1 a—e.) Exemplare dürften hierher gehören, sie sind aber zu klein, um eine sichere Bestimmung zu erlauben.

Vorkommen: Im dem roten Corakalk auf Beeren Eiland. »Nordhafen«, also Ingeborgs Berg an der Mündung von van Mijens Bay in Bellsund in grauem Kalkstein, wahrscheinlich Spiriferenkalk. Wijks Berg an der Dickson Bay. In weissem, sandigem Spiriferenkalk auf Angelins Berg auf dem Nordostland. TOULAS Exemplare stammen aus der grossen Insel am Südkap. Nach NATHORSTS Karte (28 Taf. 14) steht aber hier die Heclahook-Formation an, weshalb wohl diese Exemplare wie alle die Stücke, die PAYER an diesem Lokal gesammelt hat, aus Geschieben stammen (TOULA 41. Seite 1). TSCHERNYSCHEW (47 Seite 352) führt die Art aus dem Spiriferenkalk und aus den kieseligen Productusschichten des Spitzbergengebiets an.

Dielasma itaitubense DERBY.

Taf. I. Fig. 9—12.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW 47. Seite 36.

Die Art stimmt Wort für Wort mit WAAGENS (48. Seite 348) Beschreibung, nur ist der Vorderrand am Sinus ein klein wenig mehr nach oben gebogen, etwa wie an WAAGENS Fig. 5 d, Taf. 26, wo jedoch diese Biegung etwas zu stark sein soll. Weil der Vorderrand etwas mehr nach oben gebogen ist, werden auch die Seitenkommissuren nicht so gradlinig wie an WAAGENS und auch an TSCHERNYSCHEWs Figuren.

Zum Vergleich habe ich an drei Exemplaren dieselben Messungen ausgeführt, die WAAGEN für sein Exemplar mitgeteilt hat.

N:o IV ist WAAGENS Exemplar.

	I	II	III	IV
Länge der Ventralschale .	26 mm	36 mm	37 mm	41 mm.
Länge der Dorsalschale .	24 »	32 »	32 »	38 »

	I	II	III	IV
Breite	18 mm	24 mm	27 mm	31 mm
Dicke	10 »	14 »	15 »	14 resp. 16 mm
Apicalwinkel der Ventral- schale	58°	59°	64°	62°
Apicalwinkel der Dorsal- schale	80°	72°	88°	85°

Vorkommen: In rotem und rötlichem Corakalk auf Beeren Eiland in dem Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge und in Ymers Tal.

Hemiptychina sublævis WAAG.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 40.

Sämtliche Exemplare sind von TSCHERNYSCHEW bestimmt worden. Beide Schalen, besonders aber die dorsale, sind flacher als an WAAGENS Figuren, stimmen aber genau mit denen TSCHERNYSCHEWs überein.

Vorkommen. In weissem Kalksandstein, Spiriferenkalk, auf Angelins Berg auf dem Nordostland. TSCHERNYSCHEW führt die Art aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets an.

Pugnax osagensis SWALLOW.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 64.

Die Exemplare stimmen mit TSCHERNYSCHEWs Figuren überein. Die einzige Art, mit welcher sie verwechselt werden könnte, ist *P. uta* MARCOU, aber, wie TSCHERNYSCHEW (Seite 482) gezeigt hat, unterscheidet sich diese Art durch ihre höhere Sinuszung.

Vorkommen: Ein nicht etikettiertes Exemplar stammt aus einem grauen Kalkstein. Drei Exemplare sind von ANDERSSON in dem roten Corakalk auf Beeren Eiland gefunden worden und stammen aus Ymers Tal resp. dem Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge.

Rhynchopora Nikitini TSCHERN.

Taf. I. Fig. 13—20.

1874. *Camarophoria crumena* TOULA. 42. Seite 137. Taf. 1. Fig. 3 a—b.

1875. *Rhynchonella* conf. *pleurodon* TOULA. 43. Seite 237. Taf. 8. Fig. 3.

Siehe im übrigen TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 73.

Von dieser leicht kenntlichen Art liegt ein ziemlich grosses Material vor, und mehrere der Exemplare sind von TSCHERNYSCHEW bestimmt worden.

In einem Geschiebe aus Spiriferenkalk am Westufer von Green Harbour in Stenbrohults Tal fanden sich mehrere verkieselte Exemplare, die ich ausgelöst habe. Hierdurch ist zum ersten Mal die Innenseite der Schalen einer Rhynchoporaart freigelegt worden; es zeigt sich, dass die von HALL und CLARKE (14. Seite 210) ausgesprochene Vermutung über den inneren Bau der Schalen ganz richtig ist. Sie sagen . . . »it appears that the teeth are supported by conspinous vertical lamellæ, the septum of the brachial valve well developed and the hinge-plate medially divided and without cardinal process» . . . Diese Septen sind übrigens schon von TOULA an einem Steinkerne beobachtet worden.

Auch über die Verbreitung der Punktierung der Schalen geben meine Präparate Aufschluss. Die Poren kommen nur an den erhobenen Streifen vor. Am besten sieht man sie an der Innenseite, da also in den Rinnen. Am Schalenrande kommen sie in der ganzen Rinne vor, stehen aber an den Kanten der Rinne am dichtesten. Je nachdem die Rinne gegen den Umbo schmaler wird, nehmen die Poren ab, so dass sie recht bald nur zwei Streifen längs den Kanten der Rinne bilden.

Vorkommen: Im roten Corakalk im Passe zwischen dem Vögelberge und Hambergs Berg. Auf Angelins Berg auf dem Nordostland gesteinsbildend in einem weissen verkieselten Gestein; ob dieses verkieselter Spiriferenkalk oder ein jüngerer Gestein ist, lässt sich nicht entscheiden. Am selben Berg in einem grauen Kalk von unbestimmtem Alter. Auf Lovéns Berg an der Westseite von Hinlöpen Strait in demselben weissen Gestein wie an dem gegenüberliegenden Angelins Berg. In einen grauen dünnplattigen Kalk von Kap Wijk. In Spiriferenkalk auf Wijks Berg. In Spiriferenkalk an der Ostseite der Mündung von Flowers Tal in der Sassenbay. In grauem Kalk von Green Harbour. In grauem dunklem Spiriferenkalk in dem obenerwähnten Geschiebe in Stenbrohults Tal am Green Harbour. In Spiriferenkalk auf Mt. Misery auf Beeren Eiland. In einem Geschiebe aus weissem Kalkstein, welches ANDERSSON 1898 an der André Bay auf König Karls Insel gefunden hat. (27. Seite 372.) TSCHERNYSCHEW giebt die Art aus dem Spiriferenkalk Spitzbergens an. (47. Seite 353.)

Rhynchopora variabilis STUCK.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 74.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW im Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets vor. (47. Seite 353.)

Camarophoria crumena MART.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 78.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen vor.

ANDERSSON (1. Seite 256) führt aus dem Corakalk von Beeren Eiland *Camarophoria Purdoni* DAV. an. Auf der von diesem Autor geschriebenen Etikette steht aber *C. purdoni* DAV. var., was wohl zeigt, dass der Verfasser selbst an seiner Bestimmung unsicher gewesen ist. In dem obenerwähnten Manuskript ANDERSSONS werden auch Abweichungen in der Berippung und im Apikalwinkel angeführt. Es scheint mir kein Hinderniss vorzuliegen, die betreffende Form zu *C. crumena* zu rechnen. Die Schale zeigt dieselbe Wölbung und ist am breitesten in der Nähe des Vorderrandes. Die Berippung reicht nicht bis an den Wirbel und auch die Zahl und Anordnung der Rippen ist, soweit sich dies beobachten lässt, dieselbe wie bei *C. crumena*.

Vorkommen: Im roten Corakalk in Ymers Tal auf Beeren Eiland, in Geschieben aus Spiriferenkalk in Stenbrohult Tal am Westufer von Green Harbour, in Kieselgestein auf der Axelinsel und auf Ingeborgs Berg in Bellsund und in den obenerwähnten Geschieben auf König Karls Land. Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 354) kommt die Art im Spitzbergengebiet im Spiriferenkalk vor.

Camarophoria Purdoni DAV.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 18.

Die Art kommt nach HOLTEDAHL im Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel vor.

Camarophoria mutabilis TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 81.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW im Spiriferenkalk und in den kieseligen Productusschichten im Spitzbergengebiet vor.

Camarophoria plicata KUT.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 92.

TSCHERNYSCHEW sagt (47. Seite 503) über diese Art: »In dem Umfange wie ich diese Species auffasse, gehört sie zu den Formen, die ausschliesslich im Schwagerinen-Horizonte concentrirt sind.« Seite 354 wird sie aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets angegeben.

J. G. ANDERSSON führt (1. Seite 261) aus dem Fusulinenkalk Beeren Eilands *Camarophoria isorhyndra* M'COY an, aber Seite 279 in derselben Arbeit wird die Bestimmung von TSCHERNYSCHEW in *C. plicata* KUT. geändert. Fünf Exemplare liegen aus dem Fusulinenkalk von Beeren Eiland vor.

Camarophoria pentameroides TSCHERN.

1902. *Camarophoria pentameroides* TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 100 und 510. Taf. 21. Fig. 1 und Taf. 23. Fig. 1—3.

1911. *Camarophoria pentameroides* HOLTEDAHL 17. Seite 19. Taf. 2. Fig. 5 und 6.

Die Art wird von HOLTEDAHL aus dem Mosquensiskalk auf BRÖGERS Halbinsel (l. c.) und innerhalb der St. John Bay (18. Seite 11) angeführt.

Athyris ambigua SOW.

Synonymie siehe: DE KONINCK. 23. Seite 75.

Die Art ist von J. G. ANDERSSON schon 1900 (1. Seite 255) richtig erkannt worden.

Vorkommen: Die Art ist Leitfossil für den Ambiguakalk auf Beeren Eiland und ist von ANDERSSON auf Oswalds Förberg NW vom Ella See in grosser Anzahl eingesammelt worden.

Athyris Royssii L'EVEILLÉ?

Synonymie siehe: DE KONINCK. 23. Seite 85.

Ein Exemplar in den obenerwähnten Geschieben aus weissem Kalkstein auf König Karls Insel (27. Seite 372) ist von TSCHERNYSCHEW dieser Art zugeteilt worden. Das Exemplar ist unvollständig erhalten,



aber es scheint an dem ziemlich gradlinigen Schlossrande am breitesten zu sein, weshalb mir die Bestimmung unsicher scheint. Aus dem roten Corakalk auf Beeren Eiland liegen auch einige Exemplare vor. Diese sind 1899 von ANDERSSON in Ymers Tal und im Passe zwischen dem Vogelberge und Hambergs Berg eingesammelt worden. Auch auf diese Exemplare lässt sich keine Beschreibung gründen, doch scheint mir der Umbo weniger eingebogen zu sein als bei *A. Royssii*.

***Athyris Royssiana* TSCHERN.**

Taf. I. Fig. 21—55 und Taf. II. Fig. 1—13.

Synonymie siehe: TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 103.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen vor.

Von dieser Art habe ich einige hundert Exemplare ausgelöst und bin also im Stande, eine Serie abzubilden, die sowohl den Zuwachs der Art wie die Variation der äusseren und inneren Merkmale zeigt.

TSCHERNYSCHEW hat schon bei der ersten Beschreibung der Art (44. Seite 292) beobachtet, dass die Schale, die anfangs ziemlich gleichmässig an Länge und Breite wächst, später schneller an Breite wächst. An ganz alten Exemplaren, wie z. B. an der senil verdickten Schale Taf. II Fig. 7—9 ist die Breite mehr als 2,5 Mal so gross wie die Länge. Dies wechselt ziemlich stark und kann auch rechts und links verschieden sein. Die Höhe der Sinuszunge wechselt auch stark, nicht nur so, dass sie mit dem Alter der Schale zunimmt, sondern auch an gleichalterigen Exemplaren. Sie kann fast ganz fehlen und ausserordentlich hoch sein. Die Muskeleindrücke der Ventralschale sind bald gross, bald klein, bald breit und bald schmal.

Irgend eine Correlation der Merkmale lässt sich nicht beobachten und die Variation ist richtungslos. Überhaupt zeigt diese Serie, wie unvorsichtig es ist, Artbeschreibungen auf zu kleines Material zu gründen. Aus der abgebildeten Serie könnte man leicht Exemplare aussuchen, die man als zu verschiedenen Arten gehörig betrachten könnte, wenn man nicht die ganze Serie hätte, und doch ist in diesem Fall die Erhaltung tadellos.

Vorkommen: Die Exemplare der abgebildeten Serie stammen aus dem Spiriferenkalk, teils in Wijks Berg an der Dickson Bay, teils

aus den mehrfach erwähnten Geschieben an der Mündung des Stenbrohult Tales am Ufer des Green Harbour. In dunkelgrauem Kalk, wahrscheinlich Spiriferenkalk, in Bellsund. In dem weissen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg kommt die Art massenhaft vor, aber nur in jungen Exemplaren. Ein Exemplar sitzt in einem Feuerstein aus Gips Hook, resp. Quarter, an der Ostseite der Billen Bay. NATHORST hat 1882 ein Exemplar im Cyathophyllumkalk auf Gips Hook in Tempelbay gefunden.

TSCHERNYSCHEW giebt die Art aus Spiriferenkalk und kieseligen Productusschichten im Spitzbergengebiet an.

***Athyris planosulcata* PHILL.**

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 105.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW in Cyathophyllumkalk und Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet vor (47. Seite 354).

***Athyris* sp.**

Taf. II. Fig. 14.

Als *Athyris expansa* PHILL. mit und ohne Fragezeichen hat G. LINDSTRÖM seinerzeit eine grosse *Athyris*art bestimmt, von welcher nicht genügend gutes Material vorliegt, um darauf eine Beschreibung zu gründen. Doch kann es sich wohl nicht um *A. expansa* handeln. Dass es wirklich eine *Athyris*art ist und nicht etwa ein glatter Spirifer, davon habe ich mich durch ein Präparat der Innenseite eines Teils der Ventralschale überzeugen können.

Vorkommen: Nicht selten in dem lichtgrauen Spiriferenkalk auf Angelins Berg auf dem Nordostlande und in Productusflint auf Axels Insel in Bellsund.

***Hustedia remota* EICHW.**

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 107.

In den schwedischen Sammlungen liegt diese Art nur aus den als permisch gedeuteten Schichten vor. Dass ich die Art bei NATHORST

(28. Seite 340) als im Spiriferenkalk häufig angebe, beruht auf einem verwickelten Irrtum.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 354) giebt die Art aus dem Spiriferenkalk und den kieseligen Productusschichten im Spitzbergengebiet an, und HOLTEDAHL (18. Seite 26) hat die Art im Fusulinenkalk in seinem grossen Profil W von Green Harbour angetroffen.

Eumetria serpentina KON.?

Synonymie siehe DE KONINCK. 23. Seite 96.

Ein Exemplar, welches einer Abbildung wert wäre, liegt nicht vor, aber die Merkmale können von mehreren Exemplaren zusammengelesen werden.

Im Umriss ist die vorliegende Form etwas breiter als DE KONINCK'S Art, besonders liegt die grösste Breite nicht im vorderen Drittel der Schale, sondern an der Mitte. In Folge dessen würde man erwarten, dass auch der Apikalwinkel der grossen Schale stumpfer wäre. DE KONINCK giebt einen Winkel von 70° an und durch Messungen an den Figuren habe ich 65, resp. 75 und 80° gemessen. Die Exemplare aus Beeren Eiland zeigen 75, resp. 90 und 75° . Die Zahl der Rippen dürfte mit *E. serpentina* übereinstimmen. Diese soll an grossen Exemplaren 60—70 sein. Bei meinen Exemplaren kommen zwar nicht mehr als höchstens 50 vor, aber sie sind klein. Zum Vergleich werden folgende Masse mitgeteilt.

Exemplar	I		II		III		IV	V
	mm.	%	mm.	%	mm.	%		
Länge	16	100	10	100	14	100	—	—
Breite	14	88	9	90	13	93	—	—
Dicke	7,5	47	5	50	8	57	—	—
Zahl der Rippen an der Dorsal- schale	40		—		44		45	50

DE KONINCK'S Masse.

Exemplar	a		b	
	mm	%	mm	%
Länge	32	100	15	100
Breite	28	87,5	12	80
Dicke	17	53	8	53

Vorkommen: In rotem Ambiguakalk auf Oswalds Förberg. Ob die von HOLTEDAHL (17. Seite 18) aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angeführte *E. vera* HALL? hierher gehört oder nicht, ist unmöglich zu entscheiden.

Spiriferina insculpta PHILL.?

Synonymie siehe: DE KONINCK. 23. Seite 99.

Die Art soll nach HOLTEDAHL (17. Seite 20) im Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel vorkommen. Nach den Figuren zu urteilen, liegt bloss ein unbestimmbares Fragment vor.

Spiriferina Holzapfeli TSCHERN.?

Synonymie siehe: TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 114.

Eine ganz kleine unvollständige Ventralschale aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel soll sich nach HOLTEDAHL (17. Seite 21) unter diese Form einordnen lassen.

Spiriferina cristata SCHLOTH.

1875. *Spiriferina Höferiana* TOULA. 43. Seite 135.

Synonymie im übrigen siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 115.

TSCHERNYSCHEW führt (47. Seite 355) diese Art aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets an. Die Stockholmer Exemplare stimmen nicht mit TSCHERNYSCHEWs Figuren überein, wohl aber mit DAVIDSONs Abbildungen (3. Taf. 7. Fig. 37—47) von der Varietät *octoplicata* SOW. Sie sind nicht etikettiert.

Zu dieser Art dürfte auch TOULAS *Sp. Höferiana* gehören. Der Toulaschen Art am ähnlichsten soll die von DAVIDSON (3. Seite 226) Taf. 52. Fig. 11 abgebildete *Spiriferina octoplicata* SOW. var. *biplicata* DAV. sein. Die Dorsalschale dieser Art zeigt dieselbe Zweiteilung des Jugum wie TOULAS Art. Dieser Rinne des Jugum entspricht wahrscheinlich ein erhabener Streifen im Sinus bei der DAVIDSON'schen Varietät. Dieser Streifen soll nach TOULA bei *Sp. Höferiana* fehlen,

und darauf ist die Art gegründet. DAVIDSON führt seine Varietät unter *Spiriferina cristata* SCHLOTH. var. *octoplicata* Sow. an und sagt: »That this is nothing more than a modification of the more general shape of SCHLOTHEIMS species is clearly proved by the many intermediate gradations in form which connect the species with rounded sinus to those with buplicated ones.« TOULAS Figur zeigt die grösste Breite am Schlossrande, in der Beschreibung aber heisst es: »Die grösste Breite fällt nicht mit dem Schlossrande zusammen, sondern in die Mitte der Schale.« TOULAS Original habe ich in Wien nicht auftreiben können. Es stammt aus Hornsund.

***Spiriferina expansa* TSCHERN.**

Taf. II. Fig. 15—24.

1902. *Spiriferina expansa* TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 118.

Mehrere Exemplare liegen vor. Mein Material stimmt fast vollständig mit TSCHERNYSCHEWs Beschreibung und Figuren überein und es kann über die Identität der Art kein Zweifel bestehen. Die wenigen Abweichungen dürften nur darauf beruhen, dass die Spitzberger Exemplare noch besser erhalten sind als die russischen.

Die grösste Breite liegt an dem spitz auslaufenden Schlossrande und die Schale wird ausserordentlich breit, nicht nur, wie TSCHERNYSCHEW angiebt, 2,5 Mal, sondern bei guter Erhaltung kleiner Exemplare sogar mehr als 3 Mal so breit wie lang. Die die volle Breite des Schlossrandes einnehmende Area der Ventralschale hat nahezu parallele Ränder und ist mit deutlichen Vertikalstrichen bedeckt. Die Stielöffnung bildet ein fast gleichseitiges Dreieck. An der Spitze des Wirbels beginnt ein an und für sich sehr flacher Sinus, der an den Seiten von anfangs scharfen kielförmigen, dann abgerundeten flachen Falten begrenzt wird. In der Mitte des Sinus liegt eine schmale aber kräftig vorspringende Medianfalte. Nach TSCHERNYSCHEW beginnt diese Medianfalte im ersten Drittel der Schalenlänge, an mehreren meiner Exemplare beginnt sie schon in der Mitte dieses ersten Drittels. Der Sinus bildet eine dreieckige Ausstülpung des Stirnrandes.

Ausser den am stärksten hervortretenden Grenzfalten des Sinus sieht man an den Flanken an jeder Seite bis acht abgerundete schwache Falten, die besonders in der Nähe des Stirnrandes durch die Biegungen der scharfen dichten Zuwachsstreifen hervortreten.

Im Inneren sieht man die gewöhnlichen Muskeleindrücke von einem scharfen Medianseptum getrennt. An kleinen Exemplaren, den einzigen, die ich ausgelöst habe, erstreckt sich dieses Medianseptum über $\frac{2}{3}$ der Schalenlänge.

Die Dorsalschale hat eine fast lineare Area und einen kaum noch sichtbaren Wirbel. Das Jugum fängt schon am Wirbel an und bildet einen hervortretenden Kiel. Die Faltung derjenigen der Ventral-schale entsprechend. Die Innenseite der, weil zerbrechlicher, selteneren Dorsalschale zeigt wie gewöhnlich keine besondere Skulptur.

Vorkommen: Die Art, welche in Russland in dem Schwagerinenkalke gefunden ist, kommt auf Spitzbergen im Spiriferenkalk und in dem Kieselgestein vor. In diesem ist sie in Bellsund gefunden worden und in jenem auf Angelins Berg auf dem Nordostland und auf Wijks Berg an der Dicksonbay und in Geschieben in Stenbrohults Tal am Green Harbour. Auf Beeren Eiland ist ein Exemplar von ANDERSSON und FORSBERG in dem roten Corakalk im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge gesammelt worden.

Spiriferina saranæ VERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 121.

Die Art ist schon von G. LINDSTRÖM richtig erkannt worden und ist auch von J. G. ANDERSSON an Exemplaren aus Beeren Eiland bestimmt worden. Aus Spitzbergen liegen mehrere von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare vor. Die Art ist von TSCHERNYSCHEW so ausführlich und eingehend beschrieben, dass ich mich damit begnüge, darauf hinzuweisen.

Vorkommen: In rotem Corakalk in Ymers Tal auf Beeren Eiland, in dunklem Kieselgestein auf Axels und Marias Inseln und an dem südlichen gegenüberliegenden Ufer in Bellsund. In grauem Kalk, wahrscheinlich Spiriferenkalk, im Eisfjord und in Bellsund.

Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) kommt die Art im Spitzbergengebiet im Spiriferenkalk und in dem Kieselgestein vor und wird aus einigen Lokalen erwähnt, die in den schwedischen Sammlungen nicht vertreten sind, nämlich Lovéns Berg an der Hinlopen Strait, Gips Hook und Tempelbay im Eisfjord.

Spiriferina Keilhavii v. BUCH.

Taf. II. Fig. 25—30 und Taf. III. Fig. 1.

1846. *Spirifer Keilhavii* v. BUCH. 2. Seite 74. Fig. 2 a und b.
 1873. *Spirifer Wilczeki* TOULA. 41. Seite 5. Taf. 1. Fig. 3 a und b.
 1873. *Spirifer* spec. ind. TOULA. Ibid. Seite 7. Taf. 2. Fig. 1 und 2.
 1875. *Spirifer Parryanus* TOULA. 43. Seite 256. Taf. 7. Fig. 8 a—d.
 1900. *Spirifer Keilhavi* NATHORST. Två somrar i Norra Ishafvet. Textfigur Seite 26.
 1901. *Spirifer Keilhavi* FRECH. 8. Seite 499. Taf. 57 c. Fig. 1 b und c.
 1902. *Spiriferina (Spiriferella) Keilhavii* TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 126 und 527. Taf. 40. Fig. 1 a—c und 2.

Dass mir vorliegende Material stimmt weder mit einem Abguss des Buchschen Originals im Reichsmuseum noch mit TSCHERNYSCHEWs Figuren besonders gut überein, aber das dürfte zum grössten Teil an dem verschiedenen Erhaltungszustande resp. der Abspaltung der Schalenoberfläche liegen. BUCHs Figuren entsprechen besser dem Aussehen der Art als das Original selbst, was wohl daher kommt, dass die Figuren auf Grundlage des als Original bezeichneten Exemplars nach mehreren Exemplaren gezeichnet worden sind.

Auf die Identität mit den Toulaschen Arten hat FRECH zuerst aufmerksam gemacht. Ich habe in Wien die Originale TOULAS studiert und kann FRECHs Meinung nur beistimmen. Dass TSCHERNYSCHEWs Exemplare gleichfalls hierher gehören, dürfte wohl auch unzweifelhaft sein. Zwar sehen an der Figur 1 c die Rippen zweiter Ordnung etwas zu scharf aus und sind etwas zu undeutlich zu Bündeln zusammengefasst, aber v. BUCHs Original zeigt auch eine Andeutung in dieser Richtung. TSCHERNYSCHEWs Figuren stimmen am besten mit Original und Figuren von TOULAS *Sp. Wilczeki*.

Die mir vorliegenden Exemplare stammen zum aller grössten Teil aus Beeren Eiland und sind dann schon von ANDERSSON bestimmt worden.

Die Schale ist auch bei ganz grossen Exemplaren etwas breiter als lang, jüngere Exemplare sind kürzer. Die Ecken sind meistens nicht vollständig erhalten, aber man sieht an den Zuwachsstreifen, dass die grösste Breite am Schlossrande liegt. Die volle Länge des Schlossrandes einnehmende Area ist verhältnissmässig niedrig. Die Stielöffnung bildet ein etwa gleichseitiges Dreieck. Eine etwaige Skulptur der Area lässt sich nicht beobachten. Ganz an der einge-

rollten Spitze des Umbo beginnt ein anfangs scharf ausgeprägter Sinus, der sich aber später mehr verwischt und meistens sehr schmal und seicht hält. Nur ausnahmsweise wird der Sinus so breit wie an TSCHERNYSCHEW'S Figur. Der Sinus wird von zwei breiten flachen Falten begrenzt, welche sich etwa im ersten Drittel in drei Zweige spalten, von welchen der mittlere am breitesten ist. An den Seiten dieser Hauptspalten liegen je 5—9 Falten, welche sich auch in je 2—3 Zweige teilen. Die Oberfläche zeigt die von TSCHERNYSCHEW abgebildete Skulptur aus Höckerchen, die etwas grösser und weniger dicht gestellt sind als bei *Sp. saranæ*.

An der Dorsalschale entsprechen zwei Falten dem Sinus und sind, mitunter viel, aber immer etwas kräftiger und breiter als die etwa 8 Seitenfalten.

Was den inneren Bau der Schale betrifft, mag auf die Figuren hingewiesen werden.

Vorkommen: In dem grauen Spiriferenkalk auf Mt Misery auf Beeren Eiland ist die Art in zahlreichen Exemplaren von ANDERSSON eingesammelt worden. Aus Spitzbergen liegt nur ein einziges Exemplar vor, welches ÖBERG 1872 vom Südkap mitgebracht hat. Dieses Exemplar dürfte aus einem Geschiebe stammen, das Gestein ist Kalksandstein.

TOULA beschreibt die Art aus dem Spiriferenkalk auf Lovéns Berg (43. Seite 256), aus der Axel Insel in Bellsund (43. Seite 241), aus Hornsund (42. Seite 136) und vom Südkap (41).

Von TSCHERNYSCHEW wird die Art nicht nur aus dem Spiriferenkalk, sondern auch aus den Kieselgesteinen im Spitzbergengebiet angeführt (47. Seite 355).

Spiriferina Salteri TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 128.

Die Art ist in den schwedischen Sammlungen nicht vertreten. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) führt sie aus dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an.

Spiriferina Draschei TOULA.**Taf. III. Fig. 2—26.**

1875. *Spirifer Draschei* TOULA. 41. Seite 239. Taf. 7. Fig. 4 a—c.

1901. *Spirifer Draschei* FRECH. 8. Seite 499. Figuren Seite 498.

Die Schale ist länger als breit und die grösste Breite liegt etwa an der Mitte der Schale. Die die ganze Länge des Schlossrandes einnehmende Area ist sehr hoch und durch oft scharf hervortretende Zuwachsstreifen verziert. Die Stielöffnung ist etwas höher als breit und bei guter Erhaltung von einem Pseudodeltidium teilweise verdeckt. Der Wirbel ist sehr kräftig, in die Länge gezogen und stark eingekrümmt und macht etwa ein Drittel der ganzen Schalenlänge aus. An der äussersten Spitze des Wirbels beginnt ein ziemlich flacher Sinus, der aber rasch an Breite zunimmt und an grossen Exemplaren mehr als die Hälfte der ganzen Schalenbreite einnimmt. Die Sinuspartie ist am Vorderrand durch eine dreieckige Zunge verlängert. Im Sinus finden sich ausser den Randwülsten bis 14 schmale Falten, von welchen die mittlere am kräftigsten ist und bei weniger guter Erhaltung fast allein hervortritt. Die Anzahl dieser Sinusfalten wechselt sehr und ausnahmsweise kann sogar die Mittelfalte fehlen und nur durch ein ebenes Feld markiert sein. An den Seiten finden sich ausser den Grenzwülsten gegen den Sinus je 5—7, meistens 7 kräftige Falten. Diese Seitenfalten teilen sich nach einer bestimmten Regel in zwei gleiche oder ungleiche Teile. An der ersten Falte liegt der dünnere Teil nach vorne, an der zweiten und dritten nach hinten, an der vierten und fünften sind beide Teile etwa gleich stark. An der sechsten und letzten, die mit der Area zusammentrifft, sieht man gar keine Teilung. Ausnahmsweise sieht man an groben Rippen auch eine Andeutung einer Dreiteilung.

Die viel seltenere Dorsalschale habe ich auch mit der Ventral-schale zusammenhängend beobachtet. Sie ist bedeutend flacher als die Ventralschale. Das im Querschnitt dreieckige Jugum beginnt an der Wirbelspitze und ist bedeutend höher als die Tiefe des Sinus. Auf dem Rücken des Jugum laufen zwei scharf ausgeprägte Falten, welche den Seitenrinnen der Mittelfalte im Sinus entsprechen. An den Seiten des Jugum sieht man, meistens nur schwach angedeutet, je 2—3 Falten. An den Flanken habe ich 5, resp. 6, 7, 5, 5 Falten beobachtet.

Die Oberflächenskulptur der Schale ist ähnlich wie bei *Sp. Keilhavii* und andere Arten dieser Gruppe und besteht aus feinen Höckerchen, die in Querreihen, Zuwachsstreifen, angeordnet sind. Die Höckerchen sind aber sehr klein und stehen weiter aus einander als bei *Sp. saranae* und *Sp. Keilhavii*, und auch die Reihen stehen weiter auseinander.

Die Innenseite habe ich nur bei der Ventralschale freigelegt. Sie sieht ganz so aus, wie es TSCHERNYSCHEW bei *Sp. saranae* beschrieben hat, und nach der Mittelpartie der Innenseite würde man die Arten nicht unterscheiden können.

Vorkommen: In rotem Corakalk auf Beeren Eiland im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, 6 Exemplare. Im Spiriferenkalk massenhaft aus folgenden Stellen: Angelins Berg, Lovéns Berg, Gips Hook und Skansbay im Eisfjord, Bellsund und Beeren Eiland. Im Kieselgestein auf Marias Insel in Bellsund und in Glauconit-sandstein auf Angelins Berg. TOULAS Exemplar ist aus Bellsund, wahrscheinlich Spiriferenkalk.

Spiriferina polaris n. sp.

Taf. IV. Fig. 1—25 und Taf. V. Fig. 1—5.

Die Art ist länger als breit und etwa eben so hoch wie breit. Die grösste Breite liegt etwa an der Mitte der Schale, nicht weit vor dem Schlossrande.

Die Area nimmt die ganze Länge des Schlossrandes ein und ist sehr hoch. Das Stielloch ist fast gleichseitig und oben durch ein Pseudodeltidium geschlossen. Die Oberflächenskulptur der Area besteht teils aus mitunter scharf hervortretenden vereinzelt Zuwachsstreifen, teils aus welligen Querlinien wie an der übrigen Oberfläche. Der Wirbel ist kräftig und anfangs stark eingekrümmt. Ganz an der Wirbelspitze beginnt der eigentümliche ziemlich schmale Sinus, der im Querschnitt einen einspringenden rechten oder sogar spitzen Winkel bildet. Bei sehr guten Exemplaren sieht man mitunter im Sinus 2—4 schwach angedeutete vertiefte Längsstreifen. Der Sinus erhebt sich am Vorderrand zu einer hohen dreieckigen Zunge. An den Flanken finden sich ausser den Grenzwülsten gegen den Sinus je 6 gerundete Falten, welche durch schmale aber sehr scharfe Rinnen getrennt sind. Ausnahmsweise können auch 7 oder 8 Falten auftreten. Die Falten

zeigen an wenigstens hundert Exemplaren nicht die geringste Andeutung einer Teilung, aber an einem sonst typischen Exemplar spaltet sich an allen Falten ein deutlicher dünner Ast an der Hinterseite ab. An einigen Exemplaren teilen sich die zwei hintersten Falten in zwei Äste.

Die ausserordentlich seltene Dorsalschale ist im ganzen hoch dachförmig, und das Jugum ist hoch und scharf. An den Seiten finden sich je 6 oder 7 Falten, welche, den scharfen Furchen der Ventralschale entsprechend, etwas schärfer als an der Ventralschale sind. Auch hier teilen sich mitunter die Falten.

Die Skulptur besteht aus scharfen Zuwachsstreifen mit dicht stehenden feinen Höckerchen, etwa wie bei anderen Spiriferellen. Die Höckerchen ordnen sich mitunter auch zu schrägen Längsreihen.

Die Innenseite der Dorsalschale zeigt keine besondere Skulptur. Die Innenseite der Ventralschale hat ein ähnliches Aussehen wie bei *Sp. saranæ*. Das lancettförmige Muskelfeld ist aber nicht so lancettförmig wie bei dieser Art und *Sp. Draschei*, sondern etwas ungleichmässiger begrenzt und auch etwas breiter. Die Breite wechselt jedoch ziemlich stark. Der Kamm in der Mitte dieses Muskelfeldes ist mitunter doppelt und mitunter ist er nicht stärker als die übrigen Längsstreifen des Muskelfeldes.

An der abgebildeten Wachstumsreihe sieht man, dass dieses Muskelfeld bei jungen Exemplaren weniger scharf abgesetzt oder kaum zu bemerken ist. Die jüngeren Exemplare sind auch am breitesten an der Schlosslinie.

Vorkommen: In den schwedischen Sammlungen ist diese Art, wie auch *Sp. Draschei*, vielfach als *Sp. saranæ* bestimmt worden. Sie ist eine der häufigsten Arten auf Spitzbergen und ist an folgenden Stellen gefunden worden: In rotem Corakalk auf Beeren Eiland in Ymers Tal und im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, in Spiriferenkalk auf Angelins Berg, im Eisfjord in Flowers Tal, Bjonas Hafen, Kap Anser, Skans Bay, Wijks Berg, Stenbrohult Tal, als Geschiebe, und in Bellsund. In kieselreichem Kalk ist die Art an Kap Kolthoff und in dem Kieselgestein auf Marias Insel in Bellsund gefunden worden.

Spirifer cameratus MORTON.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 138.

Die von TOULA abgebildeten Exemplare gehören zu der folgenden Art.

Die Exemplare, die ich zu dieser Art stelle, sind nicht so gut erhalten, dass sie neue Beiträge zur Kenntnis der Art geben könnten. Sie stimmen gut zu TSCHERNYSCHEW'S Figuren, auch in der Beziehung, dass man sehr wenig von der Bündelung der Rippen im apikalen Teil sieht, die sonst immer als für diese Art so charakteristisch hervorgehoben wird.

Vorkommen: Im Ambiguakalk auf Oswalds Vorberg und in rotem Corakalk in Ymers Tal und im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, alles auf Beeren Eiland. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) führt die Art aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets an.

Spirifer fasciger KEYS.

Taf. V. Fig. 6—16.

1875. *Spirifer cameratus* TOULA. 43. Seite 240. Taf. 7. Fig. 3 a.

1875. *Spirifer cameratus* MORT. var. *extremus* TOULA. 43. Seite 240. Taf. 7. Fig. 3 b.

Siehe im übrigen TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 141.

Es liegen mir mehrere von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare dieser leicht kenntlichen Art vor.

Die Schale ist breiter als lang. Die grösste Breite liegt, besonders bei breiten Exemplaren, meistens an der Schlosslinie, aber mitunter auch etwas mehr nach vorne, etwa an der Mitte.

Die Area der Ventralschale ist mässig hoch und mit einem recht grossen dreieckigen Stielloch versehen, das beinahe doppelt so breit wie hoch ist. An einem Exemplar habe ich ein kleines Pseudodeltidium beobachtet. Der Wirbel ist breit und mehr oder weniger eingebogen. An der Wirbelspitze beginnt der deutliche aber nicht besonders tiefe Sinus, der an Breite rasch zunimmt. Der Sinus wird an den Seiten meistens von den Rücken der innersten Falten oder Streifenbündel begrenzt, aber es kommt auch vor, dass sich der Sinus verbreitert, so dass er am Vorderrand die zwei innersten Bündel ganz

aufnimmt. Auch kann nur an der einen Seite ein Streifenbündel so zu sagen in den Sinus hineingleiten. In der Mitte des Sinus findet sich ein erhabener Streifen, welcher die Seitenfalten resp. Streifenbündel trennt. Seitwärts von diesen zwei Streifenbündeln befinden sich je 3—8 Bündel. In der Regel werden die Falten mit zunehmendem Alter zahlreicher, aber es kommt auch vor, dass man bei ganz grossen Schalen relativ wenige Falten findet. An Steinkernen oder sonst stark abgeschälten Exemplaren sieht man wenig von den Streifen, aber die Falten treten dann als dachförmige Rücken hervor. Die Streifenbündel oder Fasces bestehen am Vorderrand aus 3—5, meistens 3 Streifen, von welchen der mittlere stärker ist und den Rücken der Falte einnimmt. An den Innenseiten der Grenzfalten gegen den Sinus, welche mit dem Mittelstreifen im Sinus zusammentreffen, sind die Streifen zahlreicher als an den Aussenseiten derselben Bündel.

Die Dorsalschale ist etwa ebenso stark gewölbt wie die Ventralschale und zeigt dieselbe Anordnung der Falten oder Fasces wie diese. Das hohe dachförmige Jugum trägt also, dem Verhältnisse im Sinus entsprechend, zahlreichere Streifen als andere Falten. Oben auf dem Kamm des Jugum liegt meistens nur ein erhabener Streifen, aber mitunter kommen zwei vor, welche dann den Seitenfurchen des Mittelstreifens im Sinus entsprechen.

Ich habe an mehreren Schalen die Innerseite freigelegt. Die Dorsalschale zeigt wie gewöhnlich keine besondere Skulptur. An der Ventralschale kann man beobachten, dass das Muskelfeld in Bezug auf Form und Tiefe wechselt. Die Schalen zeigen, auch unabhängig von der Grösse, verschiedene Dicke, wahrscheinlich je nach ihrem Alter, und dementsprechend wird auch das Muskelfeld tiefer oder seichter. Wenn das Muskelfeld tief ist, wird auch in einem entsprechenden Teil der Schale die Faltung innen verdeckt.

Vorkommen: In rotem Corakalk auf Beeren Eiland in Ymers Tal und im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge. In Spiriferenkalk an folgenden Stellen: Mt Misery auf Beeren Eiland, Lovéns Berg, in Bellsund und im Eisfjord in Flowers Tal, an der Tempelbay, auf Gips Bay, auf Kap Anser, in Skans Bay und am Westufer des Green Harbour im Stenbrohult Tal. Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) kommt die Art im Spitzbergengebiet in Spiriferenkalk und in dem Kieselgestein vor. HOLTEDAHN (17. Seite 21) bildet die Art aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel ab.

Spirifer Ravana DIENER.

Taf. V. Fig. 17–19 und Taf. VI. Fig. 1 und 2.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 144.

Die Schale ist beinahe doppelt so breit wie lang und nicht ganz so hoch wie lang. Die Art scheint konstant schief zu sein. An einem der sechs vorliegenden Exemplare liegt die grösste Breite am Schlossrande, am zweiten Exemplar lässt sich nicht entscheiden, wo es am breitesten ist. Am dritten ist die rechte Ecke abgestossen, und an der linken Seite liegt die grösste Breite am Schlossrande. An dem vierten ist auch die rechte Ecke abgestossen, aber an der linken Seite liegt die grösste Breite etwa an der Mitte. An den beiden übrigen Exemplaren liegt die grösste Breite rechts an der Schlosslinie, links an der Mitte.

Von der Area sieht man an ganzen Exemplaren wenig, da die Wirbel beider Schalen fast zusammenstossen. An ausgelösten Exemplaren der Ventralschale habe ich beobachtet, dass die Area recht niedrig und wenig gekrümmt ist. Die Stielöffnung bildet ein etwa gleichseitiges Dreieck. An der Spitze des wenig gekrümmten Wirbels beginnt ein deutlicher aber seichter Sinus, der rasch an Breite und Tiefe zunimmt, um am Schlossrande die halbe Breite der Schale einzunehmen. An erwachsenen Exemplaren springt der Sinus am Vorderrande etwa 1 Cm. ein. Aber noch mehr tritt der Sinus dadurch hervor, dass er sich zungenförmig sehr hoch erhebt und nach rückwärts umschlägt, so dass die Spitze der Zunge hinter die quere Mittellinie zu liegen kommt.

Die ganze Oberfläche sammt dem Sinus ist mit gleich feinen Streifen bedeckt, die sich durch Teilung vermehren. Nur am Wirbel zeigen diese Streifen eine Andeutung von Fasces, wie bei *Sp. fasciger*.

Die annähernd dachförmige Dorsalschale ist höher als die Ventralschale. Das kielförmige oder mehr abgerundete Jugum ist nicht so hoch, wie man wegen der zungenförmigen Verlängerung des Sinus erwarten würde; dies beruht darauf, dass die Zunge nach hinten umbiegt und, anstatt das Jugum in die Höhe zu heben, es vorne abschneidet, so dass am Vorderrand ein sehr tiefer Ausschnitt entsteht.

An der Innenseite der Ventralschale liegt das Muskelfeld weit hinten und wechselt stark an Grösse.

Vorkommen: Im Spiriferenkalk auf Anzelius Berg auf dem Nordostlande und auf M:t Misery auf Beeren Eiland.

Spirifer Marcoui WAAG.

Taf. VI. Fig. 3—7 und Taf. VII. Fig. 9—11.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 145.

Die Schale ist breiter als lang und ebenso hoch wie lang. Die grösste Breite verhält sich etwa wie bei der vorigen Art und kann am selben Exemplar z. B. rechts vor der Mitte und links an der Schlosslinie liegen. Ein ganz symmetrisches Exemplar hat die grösste Breite etwa an der Mitte, Taf. VI. Fig. 7. Die Area ist nicht besonders hoch. Das dreieckige Stielloch ist gleichseitig oder etwas breiter. Der Wirbel der grossen Schale ist rechtwinklig eingebogen und die Areae werden bei vollständigen Exemplaren nicht von den Wirbeln verdeckt. An der Wirbelspitze beginnt ein deutlicher seichter Sinus, der rasch an Breite und Tiefe zunimmt. Die zungenförmige Verlängerung des Sinus ist dreieckig und hebt sich sehr hoch, aber wird nicht vertikal gegen die Seitenränder der Schale und schlägt nicht um wie bei der vorigen Art.

Hierdurch wird das scharf dachförmige hohe Jugum der Dorsalschale länger als bei der vorigen Art. Die Dorsalschale ist bedeutend höher als die Ventralschale. Die feine Berippung ist im Sinus und auf dem Jugum dieselbe wie an den Flanken. Die Rippen vermehren sich durch Teilung und sind an der Wirbelpartie mitunter zu Fascies vereinigt, die an den Flanken der Ventralschale sogar bis an den Vorderand angedeutet sind.

Auch von dieser Art habe ich Ventralschalen ausgelöst. Wie aus den Figuren zu sehen ist, wechselt die Form und Breite des Muskelfeldes sehr, es liegt aber immer tief drinnen im Wirbel.

Vorkommen: Die Art ist schon von der schwedischen Expedition 1868 eingesammelt worden. Diese Exemplare sind nur »Beeren Eiland« etikettiert, aber wahrscheinlich an derselben Stelle gefunden, wo ANDERSSON 1899 seine Exemplare gesammelt hat, nämlich in sandigem Spiriferenkalk auf M:t Misery.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) giebt die Art aus dem Cyathophyllumkalk des Spitzbergengebiets an. Vielleicht bezieht sich diese Angabe auf dieselben Exemplare, die ich oben beschrieben habe und welche in der Note Seite 689 (47) mit folgenden Worten erwähnt werden. »Das thatsächliche Vorhandensein des Omphalotrochus-Horizonts auf der Bären-Insel wird dadurch bezeugt, dass in den Sammlungen des Stockholmer Museums unzweideutige Vertreter von *Spirifer Marcoui* WAAG. unter der Etiquette »Beeren Eiland« vorliegen.« Diese Exemplare sind ziemlich sicher nicht aus demjenigen Lager, das ANDERSSON und TSCHERNYSCHEW wahrscheinlich mit vollem Recht mit den Omphalotrochusschichten parallelisieren wollen. Jedenfalls kann *Spirifer Marcoui* WAAG. auf Beeren Eiland kein Leitfossil für dieses Niveau sein, da die Art im Spiriferenkalk vorkommt. Die Exemplare von 1868 haben ganz dasselbe Aussehen wie diejenigen von 1899, das Gestein ist dasselbe, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass die Art auf Beeren Eiland ausschliesslich im Spiriferenkalk gefunden worden ist.

***Spirifer tastubensis* TSCHERN.?**

Taf. VII. Fig. 5—8.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 534.

Von dieser Art liegt nur ein ganzes Exemplar und eine unvollständige Ventralschale vor, so dass das Material, obgleich recht gut erhalten, doch zu klein ist, um eine sichere Bestimmung darauf zu gründen. Ich bin auch bei meiner Bestimmung nicht sicher und was mich von einer Identifizierung mit TSCHERNYSCHEW'S Art besonders abschreckt, ist die Form des Umrisses und die Breite der Stielöffnung.

Ich gehe zur Beschreibung des ganzen Exemplars über. Die Schale ist doppelt so breit wie lang, Länge und Höhe sind etwa gleich. Die grösste Breite liegt gleich vor dem Schlossrande. Die hohe trianguläre Area bildet einen Winkel von 75° mit den Seitenrändern der Schale und ist also nach vorne geneigt. Der Wirbel ist nicht umgebogen, sondern die ganze Area liegt in einer Ebene. Die Stielöffnung hat oben eine Breite von 15 mm, die Seitenränder sind 24 mm lang. Das zweite Exemplar zeigt einige Abweichungen, indem die Area nicht so hoch ist, nicht nach vorne, sondern statt dessen ein wenig nach

hinten geneigt ist, auch ist die Stielöffnung hier unbedeutend höher als breit. An der Wirbelspitze beginnt ein mässig tiefer Sinus, der rasch an Breite zunimmt aber seine Proportionen nicht verändert. Die zungenförmige Verlängerung des Sinus ist wenig hoch und abgerundet. Ob sich im Sinus Rippen finden oder nicht, lässt sich nicht beobachten, weil die Schale mehr oder weniger abgeschält ist. An den Seiten finden sich je 12 abgerundete flache Falten.

Die Dorsalschale ist gleichmässig aber schwach gewölbt. Das Jugum beginnt an der Wirbelspitze und verbreitert sich rasch, ist wenig hervortretend und sanft gewölbt. Auch am Jugum kann man nicht beobachten, ob Streifen vorhanden sind oder nicht. An den Flanken finden sich je 12 Falten, ähnlich wie an der Ventralklappe.

Die vorliegende Art ist der von WHITFIELD (49. Seite 52, 53. Taf. 3. Fig. 58) beschriebenen *Syringothyris arctica* sehr ähnlich aber diese Art hat eine noch schmalere Deltidialspalte.

Vorkommen: In Spiriferenkalk auf dem Nordkap auf Beeren Eiland.

Spirifer Dieneri TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 147.

Mit dieser Art ist, wie TSCHERNYSCHEW nachgewiesen hat, auch TOULAS »*Spirifer* conf. *alatus* SCHLOTH. sp. var.» (43. Seite 238) identisch. Es ist wahrscheinlich, dass in der Stockholmer Sammlung ein Exemplar in Kieselgestein aus Marias Insel in Bellsund hierher gehört, aber die Dorsalschale ist zu mangelhaft, um eine sichere Bestimmung zu erlauben.

Vorkommen: Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 355) in dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet. TOULAS Material stammt aus der Axel-Insel und dem gegenüberliegenden Teil der Nordküste in Bellsund.

Spirifer mosquensis FISCHER v. WALDH.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 22.

J. GUNNAR ANDERSSONS (1. Seite 262) Exemplare gehören nicht hieher, siehe Seite 48. HOLTEDAHL hat die Art in den Mosquensis-schichten auf Bröggers Halbinsel (17. Seite 22) und vielleicht auch innerhalb der St. John Bay (18. Seite 11) gesammelt.

Spirifer supramosquensis NIK.

Taf. VII. Fig. 1—4.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 155.

Mehrere Exemplare sind von ANDERSSON auf Beeren Eiland eingesammelt und auch bestimmt worden.

Die Art ist zuerst von NIKITIN (32. Seite 165. Taf. 3. Fig. 1—3) beschrieben worden. An dem besten Exemplar sind nicht beide Schalen gleich gewölbt, wie sie nach NIKITINS Angabe im Texte bei dieser Art sein sollen. Untersucht man aber NIKITINS Fig. 1 c und d, so findet man, dass die Dorsalschale wie an dem Exemplar aus Beeren Eiland weniger gewölbt ist als die Ventralschale. Die Breite der Area macht beinahe $\frac{2}{3}$ der ganzen Schalenbreite aus. Die Schlosszähne sind nicht so lang wie bei *Sp. mosquensis*. Die Rippen sind relativ breit und abgeplattet. Nach NIKITIN sollen sie meistens gespalten sein. Dies ist aber an dem kleinen Exemplar nicht der Fall. Man kann an der grossen Schale zwei und an der kleinen eine Spaltung beobachten. Wahrscheinlich wären die Spaltungen zahlreicher, wenn das Exemplar erwachsen wäre. Auf NIKITINS Figuren sind die Spalten zwar häufig, aber sie kommen nicht an der Mehrzahl der Rippen vor. Die Rippen sollen bei dieser Art gröber sein als bei *Sp. mosquensis*. Das kann ich nicht finden; jedenfalls stimmt das Exemplar aus Beeren Eiland in dieser Beziehung mit NIKITINS Figuren überein. Der Sinus soll tief sein. Die Figuren geben in dieser Beziehung vollständigere Aufklärung und aus diesen geht hervor, dass der Sinus im Verhältnis zu dem, was bei Spiriferen im allgemeinen vorkommt, nicht tief genannt werden kann. Auch in dieser Beziehung stimmt das Exemplar aus Beeren Eiland mit NIKITINS Figuren überein. Das Jugum der Dorsalschale ist nach NIKITIN »à peine visible«, was auch für mein Exemplar zutreffend ist. Bei *Sp. mosquensis* ist das Jugum höher, und die Area ist breiter, resp. länger.

SCHELLWIEN (38. Seite 72) hat nachgewiesen, dass sich bei *Sp. supramosquensis* in der Mitte des flachen Sinus eine noch etwas vertiefte Rinne findet. Diese Rinne ist auch an dem Exemplar aus Beeren Eiland zu sehen.

Vorkommen: Im Ambiguakalk auf Oswalds Förberg auf Beeren Eiland. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 356) führt die Art aus dem Cyatho-



phyllumkalk im Spitzbergengebiet an. Es ist möglich, dass sich diese Angabe eben auf die schwedischen Exemplare aus Beeren Eiland gründet, in welchem Falle die Bestimmung auch von TSCHERNYSCHEW bestätigt worden ist.

Spirifer Fritschi SCHELLWIEN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 156.

In seiner Arbeit über Beeren Eiland schreibt J. G. ANDERSSON Seite 262: »In den im Reichsmuseum aufbewahrten Sammlungen aus Spitzbergen habe ich nach marinen mittelcarbonischen Fossilien gesucht, und aus zwei Lokalitäten, Kap Fanshave in Hinlopen Strait und Kings Bay, habe ich in einem hellgrauen Kalkstein grosse Exemplare des echten *Spirifer mosquensis* FISCHER gefunden.»

Diese Exemplare sind schon von G. LINDSTRÖM als *Sp. mosquensis* bestimmt worden. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 688) äusserst sich über die »im Stockholmer Museum aufbewahrten Exemplare eines *Spirifer* von Cap Fanshave, der von *Sp. mosquensis* nicht zu unterscheiden sein soll.« Da es sich um mehrere Exemplare handelt, dürfte diese Äusserung auch die Exemplare von Kings Bay umfassen, da aus Kap Fanshave nur ein Exemplar vorliegt, von welchem so viel erhalten ist, dass von einer Bestimmung die Rede sein kann. TSCHERNYSCHEW fährt fort: »Diese Exemplare habe auch ich in Augenschein genommen und bin dabei zur Ansicht gekommen, dass sie vom typischen *Sp. mosquensis* verschieden sind und zu einer Art gehören, die auch den Schwagerinen-Schichten des Ural nicht fremd und in vorliegender Arbeit als *Spirifer* cf. *Fritschi* SCHELLW. beschrieben worden ist.»

Über die Bestimmung dieser umstrittenen Exemplare ist folgendes hinzuzufügen.

Das 68 Mm lange Exemplar aus Kap Fanshave ist meiner Ansicht nach im ganzen und für sich unbestimmbar, da nur ein mittleres Stück der grossen Klappe vorliegt. An diesem Fragment kann man aber sehen, dass schon die Wulbung der Schale viel niedriger ist als bei *Sp. mosquensis*, etwa wie bei *Sp. Fritschi*. Der auch zu beobachtende Winkel zwischen Wölbung und Area ist kleiner als bei jener Art und etwa derselbe wie bei dieser. Der Sinus ist fast ganz flach und die seitliche Grenze desselben lässt sich nicht bestimmen. In der

Mittellinie stossen die beiden Seitenteile des Sinus unter einem kaum noch zu beobachtenden stumpfen Winkel zusammen. Der Sinus ist also im ganzen viel undeutlicher als bei *Sp. Fritschi*.

Die Rippen sind von derselben Stärke wie bei *Sp. Fritschi*. An der umbonalen Hälfte der Schale sind die Rippen nicht so gut erhalten, dass sich eine etwaige Zweiteilung derselben beobachten lässt. An der vorderen Hälfte der Schale dagegen lassen sich teils einige Spaltungen beobachten, und teils sind die Rippen in mehreren Fällen in der Weise paarig angeordnet, wie wenn sie sich kurz vorher gespalten hätten.

Aus dieser Beschreibung geht hervor, dass das Exemplar aus Kap Fanshave vielleicht zu *Sp. Fritschi* SCHELLW. gehören kann. Ein *Sp. mosquensis* kann es aber nicht sein.

Die Exemplare aus Kings bay sind drei und stimmen recht gut zu SCHELLWIENS Figuren. Sie sind 55, resp. 53 und 46 Mm breit. In einigen Beziehungen weichen sie aber von SCHELLWIENS Beschreibung ab. Die Area bleibt nicht hinter der grössten Schalenbreite zurück, sondern ist die breiteste Stelle der Schale. Die Area hat dieselbe Form wie bei *Sp. Fritschi*, d. h. sie verkürzt (resp. verschmälert) sich nur wenig gegen die Seiten hin. Der Sinus ist flach, breit und undeutlich begrenzt, aber in noch höherem Grad als an SCHELLWIENS Figuren. An dem grössten Exemplar ist der Sinus nur durch eine geringere Wölbung der Schale in der Quere markiert. Ebenso verhält sich die mittlere Schale. Die kleinste zeigt einen deutlichen Sinus. Der Vorderrand fehlt an sämtlichen Exemplaren. Der Wulst an der flacheren Dorsalschale stimmt mit SCHELLWIENS Figuren überein. Auch die Rippen sind ähnlich ausgebildet wie an SCHELLWIENS Figuren, aber keine Schale ist so gut erhalten, dass man die Spaltung der Rippen beobachten kann. Die Zahnplatten sind kräftig und erreichen etwa die halbe Länge der Schale.

Vorkommen: Kings Bay und vielleicht Kap Fanshave (Teufelsgarten). Das Gestein scheint in beiden Fällen Cyathophyllumkalk zu sein, weshalb die Exemplare also ganz gut aus dem Mosquenskalk stammen könnten. Ob das wirklich der Fall ist, wird vielleicht niemals entschieden werden können.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 356) giebt seinen *Sp. cnf. Eritschii* SCHELLW. aus Cyathophyllumkalk und Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an und dürfte also wenigstens das Vorkommen im Spiriferenkalk selbst an Ort und Stelle beobachtet haben.

Spirifer rectangularis KUT.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 158.

Kommt nach HOLTEDAHN (18. Seite 21) in dunklem Kieselgestein auf dem Nunatak Queen innerhalb der Kingsbay vor.

Spirifer Lovéni n. sp.

Taf. VII. Fig. 12 und 13 und Taf. VIII. Fig. 1—4.

1901. *Spirifer rugulatus* KUTORGA mut. *arctica* FRECH. 8. Seite 496. Taf. 63. Fig. 4.

FRECH betrachtet die Art als eine Mutation von *Spirifer rugulatus* KUTORGA. Wie ich an meinem grossen Material beobachten kann, sind, wie ich unten zeigen werde, die Abweichungen von der Kutorgaschen Art so durchgehend, dass die vorliegende Form als eigene Art zu betrachten ist. Sie müsste dann als *Sp. arcticus* FRECH bezeichnet werden. Diesen Namen trägt aber schon seit 1858 eine von HAUGHTON (15. Seite 243. Plate 9. Fig. 1) beschriebene Art, welche nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 692) zur Untergattung *Spiriferella* gehört. Ein neuer Name ist also nötig.

Die Art ist sehr gross, zwei bis drei Mal so breit wie lang. Die grösste Breite liegt in der Schlosslinie. Die Area ist mehr oder weniger hoch und nicht besonders stark gekrümmt, dagegen ist sie stark geneigt, bei gewissen Exemplaren wird sie fast horizontal. Die Deltidialspalte ist breit und bildet fast ein Drittel der ganzen Arealänge. Die Area ist scharf abgesetzt und zeigt Zuwachsstreifen. Der Sinus beginnt an der Schnabelspitze, wird mehr oder weniger tief und ist immer breit. Die Sinuszunge ist hoch, annähernd dreieckig.

Daraus würde man ein hohes Jugum an der Dorsalschale erwarten. Das Jugum ist aber besonders niedrig und sticht wenig von der gleichmässigen Wölbung der Schale ab. Dagegen ist die Dorsalschale tief ausgeschnitten und die Seitenteile gehen tief hinunter.

Die äussere Skulptur besteht teils aus Zuwachsstreifen, teils aus groben Längsstreifen, z. B. 3 auf 13 Mm in der Nähe der Vordercommissur. Im Sinus und auf dem Jugum, an den Seitenteilen je 15—17. Sie vermehren sich durch Spaltung. Die Muskeleindrücke der Ventralschale sind sehr breit.

Spirifer rugulatus KUT. ist in beiden Schalen stärker gekrümmt, hat weniger breiten Sinus und bedeutend zahlreichere Streifen.

Vorkommen: Die Art ist häufig in dem weissen sandigen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg. Sie kommt auch im Spiriferenkalk auf Angelins Berg vor. Ich selbst habe ein Exemplar in einem Geschiebe aus Spiriferenkalk in Stenbrohult Tal am Westufer des Green Harbour gefunden.

***Syringothyris spitzbergensis* n. sp.**

Taf. VIII. Fig. 5—7.

Es finden sich mehrere syringothyrisähnliche Arten auf Spitzbergen und ich habe auch mehrere Fragmente ausgelöst, so dass ich den inneren Bau kenne, aber nur eine Form ist so gut erhalten, dass ich es wage eine Artbeschreibung darauf zu gründen. Von dieser kenne ich den inneren Bau nicht, aber schon das Äussere ist so charakteristisch, dass man annehmen darf, dass wirklich eine Syringothyrisart vorliegt. Das Exemplar, worauf die folgende Beschreibung gegründet ist, ist, wahrscheinlich infolge von Druck, etwas schief geworden.

Die Schale ist doppelt so breit wie lang und etwas breiter als hoch. Die grösste Breite liegt etwas vor der Schlosslinie. Die Area ist sehr hoch und ebenso die Deltidialspalte, die beinahe doppelt so hoch wie breit ist. Ausser den dichten Zuwachsstreifen finden sich an der Area auch gröbere vertikale Streifen. Der tiefe Sinus nimmt mehr als ein Drittel der Schalenbreite ein und erhebt sich mit einer abgerundeten Zunge über den Schalenrand. Im Sinus finden sich keine Falten oder sonstige Längsstreifen, sondern nur Zuwachsstreifen. Die Seitenteile der Ventralschale sind wenig gewölbt und tragen flache breite Falten, die sehr schwach hervortreten; an einer Seite habe ich 11 zählen können und sie dürften kaum zahlreicher sein.

Die Dorsalschale ist fast eben so hoch wie die Ventralschale und stark gewölbt, besonders in der Längsrichtung, wo sich zwei Lappen an den Seiten des Sinus hinunterbiegen. Das Jugum ist im Verhältnis zur hohen Zunge des Sinus auffallend niedrig und nicht nach den Konturen der Sinuszunge gleichmässig abgerundet, sondern oben ziemlich flach und an den Seiten in einem allerdings etwas abgerundeten Winkel steil hinuntergebogen. An der einen Seite habe ich 11 schwache Falten zählen können, welche vom selben Charakter sind, wie an der Ventralschale. Überall wo die Schalenoberfläche erhalten ist, ausser an der Area, sieht man eine Skulptur aus äusserst feinen Pünktchen, welche wie Ansatzstellen für Borsten aussehen, aber möglicherweise Poren sein können. Sie sind gleichmässig über die ganze Oberfläche verteilt.

Eine nahe verwandte Art ist *Syringothyris cuspidatus* MARTIN. Diese Art ist länger oder im Umrisse mehr segmentförmig, hat keine so hohe Dorsalschale und ist dichter gestreift. *Syringothyris subcuspidatus* HALL ist auch feiner gestreift. *Spirifer planus* NETSCHAJEW kann auch eine verwandte Art sein, hat aber Falten im Sinus.

Vorkommen: Das beschriebene Stück ist nicht etikettiert. Das Gestein ist Kalkstein und kann Spiriferenkalk sein. Ein hauptsächlich als Steinkern erhaltenes Exemplar gehört vielleicht dieser Art an und ist im Kieselgestein bei Safe Haven gefunden worden.

Cyrtina septosa PHILL.

Taf. VIII. Fig. 8 und 9 und Taf. IX. Fig. 24—26.

Synonymie siehe DAVIDSON. 3. Seite 68.

Cyrtina septosa ist schon im Unterkarbon, wo die Art zu Hause ist, eine so seltene Art (3. Seite 69), dass es wahrscheinlich ist, dass ihre Variationsamplitude noch nicht bekannt ist. Diese braucht nämlich nicht viel grösser zu sein, als aus DAVIDSONS Figuren Taf. XIV und XV hervorgeht, um auch die Spitzberger Exemplare aus dem jüngsten Oberkarbon zu umfassen, und ich kann keinen wesentlichen Unterschied zwischen meinen Exemplaren und DAVIDSONS Figuren finden. Meine Exemplare sind nicht so gleichmässig und exakt wie die Figuren, was wohl darauf beruht, dass diese als Zeichnungen etwas schematisiert sind.

Zwei Exemplare liegen vor. An dem einen ist der Umriss dreieckig, an dem anderen schief segmentförmig. Beide sind etwa andert-halb Mal so breit wie lang und ebenso hoch wie lang. An dem dreieckigen Exemplar liegt natürlich die grösste Breite an der Schlosslinie, an dem segmentförmigen links an der Schlosslinie, rechts aber etwa zwischen Mitte und Schlosslinie. Die Area ist gleichmässig gekrümmt. Die Deltidialspalte, die an dem einen Exemplar so schief steht, dass sie fast ganz in die rechte Schalenhälfte fällt, ist unten ein wenig breiter als an DAVIDSONS Figuren. Die Skulptur der Area besteht aus groben Zuwachsstreifen und einer feinen vertikalen Streifung. An der Wirbelspitze des segmentförmigen Exemplars beginnt ein flacher Sinus, der an den Seiten von zwei Fältchen scharf begrenzt ist. Diese Fältchen sind ein klein wenig schärfer als ihre Nachbarn. Diesen Charakter behält der Sinus nur 16 Mm, dann wird er ganz flach, höchstens 1 Mm tief und die Grenzfalten werden den übrigen Falten gleichwertig. Die Sinuspartie hebt sich 2 Mm über den Schalenrand, was ein nur eben merkliches Jugum an der fehlenden Dorsalschale voraussetzt. Die Falten sind im ganzen etwa 65, von welchen 6 in dem Sinus liegen.

An dem dreieckigen Exemplar ist der Sinus nicht negativ sondern positiv und bildet ein kaum hervortretendes Jugum an der Ventral-schale. Die Sinuszunge springt hier einige Mm über den Schalenrand empor. An der Dorsalschale, die in der Längsrichtung etwas flacher ist als an DAVIDSONS Figuren, findet sich ein deutliches Jugum, das bis zum Wirbel reicht und abgerundet ist. Die Falten stehen an diesem Exemplar dichter als an dem segmentförmigen, können aber nicht im ganzen gezählt werden. An einer Strecke von 1 Cm habe ich 8 Falten gezählt. Berechnet man dieses für die ganze Schale, so giebt das etwa 70. Diese Ziffer ist aber zu klein, denn teils müssen die Streifen an den Seiten etwas dichter werden, und teils ist die Berechnung etwa an der halben Höhe der Schale ausgeführt. DAVIDSON giebt 40—70 an.

Den inneren Bau der Ventralschale habe ich an dem segmentförmigen Exemplar beobachten können und die Übereinstimmung mit *Cyrtina* konstatiert.

Vorkommen: Die Exemplare sind nicht etikettiert, dürften aber aus dem lichtgrauen Spiriferenkalk auf Angelins Berg stammen.

Martinia.

Von dieser Gattung liegen mehrere Arten aus dem Spiriferenkalk vor, aber keine ist so vollständig, dass sie bestimmt werden kann.

Reticularia lineata MART.

Synonymie siehe: TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 193.

Vorkommen: Diese leicht kenntliche Art, welche von Anfang an richtig bestimmt worden ist, kommt an folgenden Stellen vor. Im Corakalk auf Beeren Eiland im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, massenhaft; im Spiriferenkalk auf Mt. Misery ebenfalls auf Beeren Eiland, in Bellsund und im Eisfjord in Stenbrohult Tal am Ufer des Green Harbour, auf Wijks Berg und in Flowers Tal. Es ist möglich, dass einige der Exemplare aus dem Kieselgestein stammen.

HÖLTEDAHL führt die Art aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel und innerhalb der St. John Bay an (17. Seite 24 und 18 Seite 11) und TOULA erwähnt sie aus Hornsund.

Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 357) kommt die Art im Spitzbergengebiet in Cyathophyllumkalk und Spiriferenkalk vor.

Streptorhynchus.

Es liegen mir drei verschiedene Arten aus der Unterfamilie *Orthoethetinae* WAAGEN vor. Diese rechne ich alle zur Gattung *Streptorhynchus* weil sie an der Innenseite der Ventralschale kein Längsseptum haben, d. h. im allgemeinen und der Regel nach. Man kann jedoch bei allen drei Arten vereinzelte Exemplare finden, die ein unzweideutiges Längsseptum haben. Damit verhält es sich so, dass im Muskelfeld immer mehrere erhabene radiale Streifen vorkommen, und wenn ein solcher Streifen zufällig in die Mitte zu liegen kommt, wird er mitunter etwas stärker als die übrigen und dann entsteht ein Längsseptum. Dies kommt aber sehr selten vor, und es ist nicht ein solches zufälliges Längsseptum, worauf die Gattung *Derbyia* gegründet ist. Ganz abgesehen von der Skulptur der Ventralschale kommt aber doch ein wirkliches Längsseptum bei der unten beschriebenen Art *Streptorhynchus Kempei* vor. Durch einen Zufall ist an einem schon von J. G. AN-

DERSSON ausgelöstes Exemplar ein Längsseptum zum Vorschein gekommen, Taf. XII, Fig. 4. Es liegt *in* der Schale und reicht etwas weiter nach vorne als das Muskelfeld. Man sieht es an der geätzten Aussen-
seite und im Längsbruch, aber an der Innenseite der Schale tritt es
garnicht hervor. Dies bedeutet aber nicht, dass bei jungen Exemplaren mit noch dünnen Schalen ein Längsseptum vorhanden ist, das
später überwuchert wird, denn ich habe auch ganz dünne, junge aber
dennoch erwachsene Schalen, an welchen keine Spur von einem Längs-
septum zu beobachten ist. Das Längsseptum muss also nach und
nach entstehen ohne sich jemals über die Innenseite der Schale zu
erheben. Bei einigen senilen Exemplaren habe ich gleich vor dem
Muskelfeld eine median gelegene kleine polsterartige Erhöhung be-
obachtet, die wohl von dem inneren unsichtbaren Längsseptum ver-
ursacht wird.

Es muss demnach als möglich betrachtet werden, dass auch bei
der ganzen Gattung *Streptorhynchus* ein Längsseptum und zwar ein
inneres vorhanden ist, wenn nur die Exemplare genügend alt sind.

Ich bezweifle also, dass die Gattung *Derbyia* wirklich nötig ist.

Die Entscheidung, ob ein Exemplar ein Längsseptum hat und
also zu *Derbyia* gehört, geschieht meistens so, dass ein Längsseptum
von aussen oder im Längsbruch beobachtet wird. Daraus folgt aber
nicht, dass ein Septum an der Innenseite der Schale wirklich vorhan-
den ist. In den Fällen also, wo die Zugehörigkeit einer Art zur Gat-
tung *Derbyia* auf diese Weise konstatiert worden ist, halte ich die Be-
stimmung für unsicher.

***Streptorhynchus triangularis* n. sp.**

Taf. X. Fig. 1—19, 28 und 29.

Die Art ist klein und bekommt dadurch, dass die Wirbelpartie
in die Länge gezogen ist, einen triangulären Umriss. Die Art ist länger
als breit und die grösste Breite liegt etwa an der Grenze zwischen
dem vorderen und mittleren Drittel. Die hohe flache Area, welche
etwa ein Drittel der Schalenlänge ausmacht, ist sehr tief hinunter-
gebogen. Mitunter ist auch die Wirbelspitze ein wenig eingekrümmt.
Der Schlossrand der Ventralschale ist gegen die Seitenkommissuren

scharf abgesetzt und bildet also mit diesen einen Winkel, was bei der nächsten Art nicht der Fall ist. Die Area ist sehr schmal, aber doch stets etwas breiter als hoch. Die Deltidialspalte wie gewöhnlich und bei guter Erhaltung von einem Pseudodeltidium bedeckt. Die Erhaltung der Oberfläche ist nicht so gut, dass die Skulptur der Area hat beobachtet werden können. Die Ventralschale ist sehr flach und mit feinen gleichwertigen Streifen bedeckt wie bei *Str. pelargonatus*.

Das Muskelfeld ist gross und zeigt bei guter Erhaltung schwach hervortretende Radialstreifen. Mitunter liegt einer davon in der Mittellinie.

Die viel seltenere Dorsalschale ist hoch gewölbt aber doch nicht halbkreisförmig im Durchschnitte. Der Umriss ist etwa birnenförmig, mit gleicher Länge und Breite. Die Oberfläche ist fein gestreift wie die Ventralschale. Der Schlossfortsatz hat dasselbe Aussehen wie bei vielen anderen *Streptorhynchus*- und *Derbyia*-Arten und liegt ganz innerhalb des Schalenumrisses. Das Muskelfeld ist wegen der Erhaltungsweise nicht zu beobachten, kann aber, wie gewöhnlich, nicht besonders tief gewesen sein.

Wenn nur die Aussenseite bekannt wäre, könnte die Art ganz gut als ein Exemplar einer Form von *Streptorhynchus pelargonatus* bestimmt werden.

Vorkommen: In den Geschieben aus Spiriferenkalk am Ufer des Green Harbour in Stenbrohult Tal.

***Streptorhynchus macrocardinalis* TOULA.**

Taf. IX. Fig. 1—23 und Taf. X. Fig. 20 und 21.

1875 *Streptorhynchus crenistria* PHILL. sp. var. *macrocardinalis* TOULA. 43. Seite 253. Taf. 8. Fig. 5.

Ich habe im Wiener Hofmuseum TOULAS Originale untersucht und die vollkommene Übereinstimmung derselben mit dem unten beschriebenen Material konstatieren können. Es kann auch darüber kein Zweifel sein, dass die von mir untersuchten Stücke wirklich TOULAS Originale sind. Sie sind als solche bezeichnet, andere Exemplare liegen nicht vor und obgleich die Auffassung, die sich bei der Abbildung

geltend gemacht hat, eine unrichtige ist, so ist es doch leicht, sich davon zu überzeugen, dass sich die Figuren wirklich auf die Exemplare beziehen.

Das Toulasche Original hat nicht den scharf abgesetzten Schlossrand, wie er an der Figur gezeichnet ist, sondern die Kommissur ist fast kreisrund. Auch zeigt das Originalexemplar keinen erhabenen Rücken in der Mitte des Muskelfeldes, wie an TOULAS Figur, ein Längsseptum ist also nicht einmal markiert. Die Dorsalschale des Originals ist mehr gewölbt, als die Figur vermuten lässt.

Ich gehe jetzt zur Beschreibung der Art über. Der Umriss ist etwa kreisförmig. Die Area der ganz flachen Ventralschale ist auch bei dieser Art sehr klein, bildet aber keinen so spitzen Winkel mit den Seitenkommissuren, wenn man diese nach hinten auszieht, wie bei der vorigen Art. Sie ist etwa doppelt so breit wie hoch. Die Deltidialspalte hat die gewöhnliche Form und ist von einem Pseudodeltidium verdeckt. Der Schlossrand ist nicht scharf abgesetzt, sondern geht an allen Exemplaren in einem vollkommen kontinuierlichen Bogen in die Seitenkommissuren über.

Das Muskelfeld an der Innenseite wechselt sehr in Grösse und Form, wie aus meinen Figuren hervorgeht, ist aber immer gross. Bei guter Erhaltung ist es von mehreren erhabenen Radialstreifen durchzogen.

Die Dorsalschale ist gewölbt, etwas breiter als lang. Der Schlossfortsatz sieht aus wie gewöhnlich. Ein eigentlicher Schlossrand ist nicht vorhanden. Die äussere Skulptur besteht aus feinen Streifen, die sich sowohl durch Teilung wie durch Interpolation vermehren.

Nach dem Äusseren könnte die Art sehr gut als eine Form von *Str. pelargonatus* bestimmt werden. Nach der Abbildung zu urteilen, könnte HOLTEDAHL (17. Taf. 4. Fig. 6) Exemplar aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel auch zu dieser Art gehören.

Vorkommen: Aus dem Spiriferenkalk am Kap Wijk liegen mehr als hundert Exemplare vor. Ein Exemplar stammt aus Bjonas Hafen und ein paar Exemplare aus dem ebenfalls zum Spiriferenkalk gehörenden Kalkstein oberhalb des Spiriferenkalks (in älterer Bedeutung) im Profil am Flowers Tal.

Streptorhynchus Kempei J. G. ANDERSSON. Manuscr.

Taf. X. Fig. 22—27. Taf. XI. Fig. 1—10. Taf. XII. Fig. 1—8
und Taf. XIII. Fig. 11—13.

Der Umriss ist im grossen Ganzen etwa kreisförmig, aber immer mit deutlich markierten Hinterecken. Mitunter kommen auch Annäherungen an quadratische oder dreieckige Formen vor. Die grösste Breite liegt bei normalen Exemplaren etwa an der Mitte, aber bei schiefen Exemplaren kann sie an der einen Seite in der Schlosslinie liegen. Besonders dreieckige Exemplare können auch länger als breit werden. Die Schlosslinie ist gradlinig und immer scharf abgesetzt, sie bildet also einen stumpfen oder mitunter sogar rechten Winkel mit den Seitenkommissuren. Die Area ist etwa drei Mal so breit wie hoch. Wenn die Area stark geneigt ist, wird sie höher, so dass das Verhältnis zwischen Breite und Höhe 2,5:1 bis 2:1 wird. Die Area ist oft schief und mitunter schwach gekrümmt. Die Neigung der Area im Verhältnisse zu den Commissuren ist sehr verschieden. Der äussere Winkel wechselt zwischen 33—61°. Die Deltidialspalte ist wie gewöhnlich und krümmt sich seitwärts, wenn die Area schief ist. Bei gut erhaltenen Exemplaren ist sie von einem dicken Pseudodeltidium geschlossen, welches sich etwas über die Ebene der Area erhebt.

Das Muskelfeld der grossen Schale wechselt sehr an Grösse und Form, wie an den Figuren zu sehen ist. Ein wirkliches Längsseptum fehlt vollständig. Die Innenseite der Ventralschale ausserhalb des Muskelfeldes zeigt eine charakteristische Skulptur aus erhabenen anastomosierenden Wülsten. Der Vorderrand des Muskelfeldes ist oft stark aufgetrieben. Die Ventralschale ist fast ganz flach und meistens sehr dick.

Die dünne Dorsalschale ist bedeutend seltener und ist stark gewölbt, etwas breiter als lang und mit deutlich ausgeprägter Schlosslinie. Die Wölbung entspricht etwa einem sphärischen Segment. Die Bogenlänge umfasst in der Längsrichtung etwa 145° und in der Querrichtung etwa 125°. Die Flügelecken sind etwas ausgebogen, um sich an den Schlossrand anzuschmiegen. Die Innerseite der Dorsalschale zeigt keine Skulptur. Der Schlossfortsatz ist gross und kräftig. Meistens biegt er sich nach hinten nicht aus der Schale hinaus, wenn aber an der entsprechenden Ventralschale die Area besonders stark geneigt ist

und mithin höher als gewöhnlich wird, so muss der Schlossfortsatz folgen und biegt sich dann etwas weiter nach hinten, um seine gewöhnliche Lage in dem Apex der Ventralschale einnehmen zu können.

Die äussere Skulptur besteht aus feinen scharfrückigen Streifen, die sich durch Interpolation vermehren. In der Mitte der Schale kommen etwa 13 Streifen auf einen Centimeter.

Im Hofmuseum in Wien finden sich unter dem Toulaschen Material mehrere Exemplare, welche als *Streptorhynchus crenistria* bestimmt worden sind. Meiner Meinung nach sind sie sämtlich unbestimmbar, doch scheint es wahrscheinlich, dass sie zu der oben beschriebenen Art gehören. Ein Exemplar kann aber nicht hierher gehören, nämlich TOULAS Original (41. Taf. 3) von *Str. crenistria*, dasselbe, welches von FRÉCH (8. Seite 497. Fig. 5) als *Derbyia robusta* HALL? bestimmt worden ist. Es zeigt ein deutliches Längsseptum im Muskelfeld und dürfte also eine *Derbyia*-Art sein, wenn nun diese Gattung überhaupt aufrecht zu erhalten ist.

Ein weiteres Exemplar, das erst 1892 erworben ist, ist auch als *Str. crenistria* etikettiert. Es stammt aus Skansbay und gehört zu der oben beschriebenen Art.

Vorkommen: Die Art ist in dem Spiriferenkalke zu Hause. Massenhaft kommt sie teils auf Beeren Eiland in einem dunkelgrauen Kalksandstein auf Alfreds Berg und auf Mt Misery und teils ebenfalls in grauem Kalksandstein östlich von Flowers Tal am Südufer der Sassenbay auf Spitzbergen vor. Vereinzelt ist sie auch in dem weissen sandigen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg, in Stenbrohult Tal am Westufer von Green Harbour, an der Skans Bay und bei Kap Wijk gefunden worden. Ob die Exemplare aus Angelins Berg und Tempelbay hierher gehören, lässt sich nicht entscheiden.

***Derbyia grandis* WAAGEN.**

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 207.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 357) aus dem Spitzbergengebiet angegeben.

Meckella eximia EICHW.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 25.

Die Art wird von HOLTEDAHL aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angeführt und abgebildet.

Rhipidomella Mechelini LEVEILLÉ.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 25.

Die Art wird von HOLTEDAHL aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angegeben.

Schizophoria indica WAAGEN.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 26.

Die Art wird von HOLTEDAHL aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angegeben.

Schizophoria sp.

HOLTEDAHL (17. Seite 27) führt aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel eine *Schizophoria* cf. *juresauensis* TSCHERN. an und TOULA giebt *Orthis resupinata* aus Bellsund und Lovéns Berg (43. Seite 237 und 257) an. Die Exemplare TOULAS, die ich in Wien studiert habe, sind wenigstens einstweilen unbestimmbar.

Orthotichia Morgani DERBY.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 28.

Die Art wird von HOLTEDAHL aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angegeben.

Chonetes.

Es liegen aus Spitzbergen und Beeren Eiland mehrere *Chonetes*-Arten vor. Sie sind aber durchgehends ungünstig erhalten. Sie sind zwar mitunter ganz, aber immer durch Spaltung aus dem Gestein ge-

wonnen, so dass die eigentliche Oberfläche verdorben worden ist. Die Innenseite einer Schale ist an keinem einzigen Exemplar zu sehen und kann auch nicht mit Vorteil herauspräpariert werden. Wenn ich eine gründliche Durcharbeitung der ganzen Gattung *Chonetes* vornähme, wozu ich weder Gelegenheit noch Lust habe, könnte ich vielleicht wenigstens einen Teil des vorliegenden Materials verwerten und zu Bestimmungen kommen, an deren Zuverlässigkeit ich selbst glaubte.

Einige Arten sind von TSCHERNYSCHEW angeführt worden und dürften wohl als sicher zu betrachten sein. Seine Bestimmungen dürften aber kaum auf das Stockholmer Material gegründet sein.

TOULA führt aus Spitzbergen folgende Arten an: *Chonetes capitulinus* TOULA (43. Seite 250. Taf. 8. Fig. 9), *Chonetes* conf. *Hardrensis* PHILL. (43. Seite 250), *Chonetes papilionaceus* PHILL (41. Seite 18), *Chonetes Verneuilliana* NORW. u. PRATT var. *Spitzbergiana* TOULA (42. Seite 149. Taf. 1. Fig. 10 und 43. Seite 251. Taf. 5. Fig. 4) und *Chonetes granulifera* Sow. (42. Seite 151. Taf. 1. Fig. 11).

Zu dieser Liste habe ich folgendes zu bemerken. *Ch.* cf. *Hardrensis* habe ich in Wien nicht wiederfinden können, aber nach der Figur zu urteilen ist das Exemplar unbestimmbar. *Ch. papilionacea* ist unbestimmbar. *Ch. Verneuilliana* var. *Spitzbergiana* ist eine nicht näher zu bestimmende *Marginifera*- oder *Productus*-Art. Diese drei Arten sind also zu streichen. Nur folgende Arten sind mit einiger Sicherheit anzugeben.

***Chonetes* sp. cf. *Geinitzi* WAAG.**

- 1866. *Chonetes glabra* GEINITZ. 9. Seite 60. Taf. 4. Fig. 15—18.
- 1882. *Chonetes geinitziana* WAAGEN. 48. Seite 621.
- 1902. *Chonetes Geinitzi* TSCHERN. 47. Seite 230.

Eine so bezeichnete Art kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 358) im Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet vor. Im Stockholmer Museum liegen Exemplare aus dem weissen Spiriferenkalk auf Angelins Berg vor, welche von TSCHERNYSCHEW als *Ch. glabra* GEIN. bestimmt worden sind.



Chonetes capitulinus TOULA.

1875. *Chonetes capitulinus* TOULA. 43. Seite 250. Taf. 8. Fig. 9 a und b.

TOULA führt die Art aus Mt Capitolium östlich von der Ekman Bay an. Im Stockholmer Museum kommen im weissem Spiriferenkalk aus Lovéns Berg Exemplare vor, die wahrscheinlich zu dieser Art gehören.

Chonetes variolata D'ORB.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 234.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 358) in Cyathophyllumkalk, Spiriferenkalk und in dem Kieselgestein im Spitzbergengebiet vor.

Chonetes granulifera SOW.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 258 und GIRTY. 11. Seite 356.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 358) im Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet vor. TOULA (42. Seite 151) führt die Art in seiner Arbeit über Hornsund und Südkap an.

Chonetes Mölleri TSCHERN.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 258) führt die Art aus dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an. Im Stockholmer Museum findet sich aus dem weissen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg ein Exemplar, welches von TSCHERNYSCHEW als zu dieser Art gehörend bestimmt worden ist.

Strophalosia.

Die Gattung dürfte im Spitzbergengebiet vertreten sein, denn es liegen aus alter Zeit mehrere Angaben über bestimmte Arten vor, aber alle Bestimmungen sind auf ganz ungenügendes Material gegründet und vollkommen wertlos. LINDSTRÖM (34. Seite 302) führt *Str. lamellosa* GEIN. an. Die Bestimmung ist auf ein sehr schlechtes Stück aus dem

weissen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg gegründet. Ein anderes unbestimmbares Stück ist in der Stockholmer Sammlung von LINDSTRÖM als *Str. Goldfussi* MÜNSTER etikettiert worden, und ein drittes aus dem Spiriferenkalk aus Beeren Eiland ist als neue Art bezeichnet. TOULA führt *Str. Leplayi* GEIN. (42. Seite 149) und *Strophalosia* sp. ind. (41. Seite 10) an. Ich habe beide Stücke im Hofmuseum zu Wien gesehen, kann aber keine nähere Bestimmung auf sie gründen.

Productus boliviensis D'ORB.

Taf. XIII. Fig. 7—10.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 250.

DE KONINCK (21. Seite 177) sagt über diese Art: »Ich kenne keinen *Productus*, bei welchem die Schale so stark um sich selbst gedreht ist und bei welchem die Öhrchen schärfer von der Wölbung» der übrigen Schale getrennt ist. Mit diesen Worten ist auch die am meisten hervortretende Eigentümlichkeit der Art angegeben. Das hier abgebildete Exemplar zeigt dieses Merkmal in auch für diese Art ausserordentlich hohem Grade. Die Seitenteile der Ventralschale wölben sich sogar etwas über die Öhrchen hinaus. Die Skulptur und die Anordnung der Stacheln sind die bei dieser Art gewöhnlichen.

Ein Merkmal, worauf TSCHERNYSCHEW (47. Seite 605 und 606) aufmerksam gemacht hat, und welches in der geringen Höhe des Visceralraumes besteht, habe ich auch Gelegenheit gehabt, zur Verwendung zu bringen. Zum Vergleich habe ich *P. inflatus*, wovon reichliches Material vorliegt, herangezogen. Wie an der Fig. 7, welche eben etwa dem Visceralraum entspricht, zu sehen ist, ist die Dorsalschale, die aussen »concav ist und in beträchtlichem Grade der Krümmung der Bauchschele folgt», doch in demjenigen Teil, der den eigentlichen Visceralraum begrenzt, innen etwa eben so abgeplattet wie bei der Gruppe des *P. semireticulatus*. Das Endresultat ist aber doch, dass der Visceralraum niedriger wird.

Vorkommen: Die Art ist von J. G. ANDERSSON in dem roten Corakalk im Passe zwischen dem Vogelberge und Hambergs Berg und in Ymers Tal auf Beeren Eiland eingesammelt worden. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) führt die Art aus dem Spiriferenkalk und aus den Kie-

selgesteinen im Spitzbergengebiet an. Diese Angabe ist nicht auf das Stockholmer Material gegründet und es liegen mir auch keine von TSCHERNYSCHEW bestimmten Exemplare vor. HOLTEDAHL (17. Seite 30) führt die Art aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel an.

Productus multistriatus MECK var.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW, 47. Seite 251.

Vorkommen: Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) aus Cyathophyllum- und Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet angegeben.

Productus Weyprehti TOULA.

Taf. XIII. Fig. 1—6.

1873. *Productus Weyprehti* TOULA. 41. Seite 13. Taf. 5. Fig. 1—3.
 1874. *Productus Weyprehti* TOULA. 42. Seite 138. Taf. 1. Fig. 4 a—e.
 1875. *Productus Weyprehti* TOULA. 43. Seite 234. Taf. 6. Fig. 2 a—c.

FRECH (8. Seite 498) identifiziert diese Art mit *P. multistriatus* MECK (25. Seite 76). Es müsste dann der Name *multistriatus* von 1877 gestrichen werden. FRECHS Verfahren dürfte aber nicht richtig sein, denn wenn man die Innenseite der kleinen Schale bei *P. Weyprehti* mit MECKS Fig. 3 e vergleicht, so sieht man sofort, dass der Visceralraum bei TOULAS Art bedeutend kürzer ist. Es giebt auch andere Unterschiede, wie aus folgender Beschreibung hervorgeht.

Die Art ist sehr stark gedreht, ebenso stark wie gewisse Exemplare von *P. boliviensis*, aber die Spirale ist gleichmässiger. *P. multistriatus* ist im Schnabel nicht so stark eingerollt wie diese Art. Die Umbonalpartie ist besonders schmal und nimmt an Breite nur langsam zu, und auch hierin liegt ein Unterschied gegenüber MECKS Art. Wie überhaupt bei stark gedrehten Formen, sind auch hier die nicht besonders grossen Öhrchen scharf abgesetzt. Der Sinus beginnt an der Schnabelspitze, ist ziemlich tief und nimmt an Breite nur langsam zu. Die äussere Skulptur besteht aus feinen Streifen, die sich durch Interpolation vermehren. Auf 5 Mm kommen 10—11 Streifen. Der Visceralraum ist kurz, breit und niedrig. Die Muskelfelder an der Innenseite der Ventralschale verbreitern sich stark seitwärts. An der Innenseite

der kleinen Schale findet sich vorne und an den Seiten ein starker Randwulst, welcher bewirkt, dass der Visceralraum scharf abgesetzt wird, obgleich die äussere Krümmung der Dorsalschale ganz gleichmässig ist. Dieser Randwulst wird als für *Marginifera* charakteristisch betrachtet, ist aber auch bei grösseren *Productus*-Arten häufig. Die nierenförmigen Eindrücke (Brachialleisten NEUMAYERS (31) liegen weit seitlich.

Vorkommen: Die Art ist häufig im Spiriferenkalk auf Mt Misery auf Beeren Eiland und im weissen sandigen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg. In meinem Profil NNW von Marmiers Berg im Sassental habe ich die Art in dem unteren Glauconitsandstein, also dem höheren Teil des Spiriferenkalks, eingesammelt. TOULA giebt die Art von Südkap, Hörsund, Lovéns Berg und der Axelinsel an.

***Productus duplex* n. sp.**

Taf. XIV. Fig. 3—7.

Auch diese Art dürfte zu der Verwandtschaft des *P. multistriatus* gehören, zeigt aber auch Beziehungen zur Gruppe des *P. expansus* DE KON., namentlich zu *P. mammatus* KEYS.

Die Art ist breit und kurz, kürzer als *P. multistriatus* und wenig gedreht. Die Drehung kann ganz gleichmässig vorsichgehen, aber es finden sich auch Exemplare, bei welchen eine strophomenaartige aber doch sanfte Knickung vorkommt, etwa wie bei *P. mammatus*. Die Drehung ist nicht stärker, als dass der älteste und der jüngste Teil der Schale in der Mittelpartie parallel werden. Der Schnabel ist breit und nimmt sehr rasch an Breite zu. Die Öhrchen gehen allmählich in die Seitenteile der Schale über. Das auffallendste Merkmal der Art ist der oft ausserordentlich tiefe Sinus. Es kommen Exemplare vor, bei welchen der Sinus kaum tiefer als bei *P. multistriatus* ist, aber auch dann bilden die Seitenteile des Sinus einen deutlichen, scharfen, wenn auch stumpfen Winkel mit einander. Mitunter kommt sogar eine schwache rinnenförmige Vertiefung im Sinus vor. Der Sinus beginnt an der Schnabelspitze, wird nicht besonders breit, vertieft sich aber rasch zu einer Tiefe von 4—5 Mm.

Die äussere Skulptur besteht aus feinen Streifen, 17—22 per Cm, die sich durch Interpolation vermehren. Ausser dieser feinen Streifung

kommen an dem distalen Teil der Schale, wenn dieser erhalten ist, etwa 5 Mm breite, schwach hervortretende Falten vor. Meistens sieht man nur hier und da vereinzelte Stacheln, aber an einem Exemplar, bei welchem die Oberfläche besser erhalten ist, sieht man besonders an den älteren Teilen der Schale ungleichmässig aber ziemlich dicht stehende Höckerchen, welche wohl kleinere Stacheln markieren.

Der Visceralraum ist niedrig und wird auch seitlich dadurch beschränkt, dass am Übergang der Öhrchen in die übrige Schale kräftige Vorsprünge hineinragen. An der Innenseite der kleinen Schale liegen die nierenförmigen Eindrücke sehr weit nach hinten und nach den Seiten, ähnlich wie bei *P. Weiprechtii*.

Vorkommen: Die Art gehört wahrscheinlich ganz dem Productusflint an. In diesem habe ich sie auf Wijks Berg östlich von Dickson Bay gesammelt. Ebenso habe ich sie in Feuerstein im Stenbrohult Tal W. von Green Harbour gefunden. NATHORST hat sie 1898 auf Eders Insel in Bellsund ebenfalls in diesem Gestein eingesammelt. In der älteren Sammlung ist sie »Bellsund« etikettiert und auch diese Exemplare scheinen aus dem Kieselgestein zu stammen.

Productus uralicus TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 259.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) im Spiriferenkalk und in dem Kieselgestein im Spitzbergengebiet vor.

In der Stockholmer Sammlung finden sich Exemplare, die wahrscheinlich zu dieser Art gehören, aber zu schlecht erhalten sind, um sicher bestimmt werden zu können. Sie stammen teils aus dem lichtgrauen Spiriferenkalk auf Angelins Berg, teils aus einem verkieselten Gestein am Green Harbour.

Productus inflatus MC CHESNY.

Taf. XIV. Fig. 1 und 2 und Taf. XV. Fig. 3—5.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 261.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen mir vor.

Die Art ist von TSCHERNYSCHEW so reichlich abgebildet worden, dass ich, obgleich das von J. G. ANDERSSON auf Beeren Eiland einge-

sammelte Material ausserordentlich schön ist, nur die Innenseiten und ein ganz seniles Exemplar abbilde. Bei letzterem liegt die Aussenseite der Dorsalschale etwa doppelt so weit nach aussen wie sonst. Wahrscheinlich sind die Schalen ausserordentlich dick, so dass der Visceralraum nur seine gewöhnliche Höhe hat. Ich glaube kaum, dass sich die Schalen teilweise geöffnet haben, denn einerseits kommt das selten vor und anderseits stimmen mehrere Exemplare in dieser Beziehung überein.

Vorkommen: Nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) kommt die Art im Spitzbergengebiet durch das ganze Oberkarbon vor. Die Art ist eine der aller häufigsten. In den schwedischen Sammlungen liegt sie aus folgenden Stellen vor. Im Spiriferenkalk: Nordkap, Kap Forsberg und Mt Misery auf Beeren Eiland, aus Bellsund und Axels Insel daselbst, aus Anser Bay in der Billen Bay, aus Flowers Tal an der Sassenbay und Skans Bay, alles im Eisfjord. In Feuerstein ist sie auf Marias und Eders Inseln in Bellsund, an Bjonas Hafen in Tempel Bay und in einem Geschiebe in Stenbrohult Tal am Green Harbour eingesammelt worden.

Productus longispinus Sow.

Synonymie siehe FLIEGEL. 7. Seite 100.

Die Art wird von HOLTEDAHL (17. Seite 30) aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angegeben.

TOULA (42. Seite 142 und 144) führt teils *P. longispinus* und teils eine Varietät *acutirostratus* TOULA an. Die Varietät wird in der Liste von 1875 (43. Seite 258) nicht mehr angeführt. Ich habe sie auch in den Wiener Sammlungen nicht gesehen. Das Exemplar der Hauptart ist nach den jetzigen Forderungen nicht bestimmbar.

Productus pseudoaculeatus KROT.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 266.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets angeführt.

Productus Isackseni HOLTED.

Die Art wird von HOLTEDAHL (17. Seite 32) aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel beschrieben.

Productus pustulatus KEYS.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 271.

Die Art wird von HOLTEDAHL (17. Seite 33) aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel angeführt.

Productus Purdoni DAV.

Taf. XIV. Fig. 8, 9. Taf. XV. Fig. 1, 2. Taf. XVI. Fig. 1—4.

Synonymie siehe WAAGEN. 48. Seite 705.

Die Art ist eingehend und vollständig von WAAGEN beschrieben worden und seine Beschreibung passt Wort für Wort auf das schöne Material aus Beeren Eiland, nur sind meine Exemplare etwas grösser, älter und infolge dessen etwas mehr gewölbt. Einige neue Figuren sind schon deshalb nötig. Die Innenseite der kleinen Schale liegt in drei einander komplettierenden Exemplare vor. Der Schlossfortsatz ist sehr kräftig und die nierenförmigen Eindrücke liegen weit nach vorne. Die Visceralpartie der Schale ist für eine so lange Art auffallend kurz.

Vorkommen: Die Art kommt nur im Spiriferenkalk und hauptsächlich auf Beeren Eiland vor, wo sie auf Mt Misery und an der Nordküste von mehreren Expeditionen gesammelt worden ist. Ein sehr schlechtes Fragment aus Gips Hook im Eisfjord, 1864 gesammelt, ist von TSCHERNYSCHEW bestimmt worden.

Productus irginæ STUCK.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 253.

Es ist dies die Art, welche 1899 von J. G. ANDERSSON (1. Seite 256) als *P. Humboldti* D'ORB bestimmt worden ist.

»Von *P. Humboldti* unterscheidet sich«, sagt TSCHERNYSCHEW, »die besprochene Art sowohl in ihrer äusseren Form (knieartige

Knickung der Ventralklappe), als auch in der Skulptur: bei *Pr. Humboldti* sind die die Schalenoberfläche besetzenden länglich gestreckten Höckerchen gröber und gehen am unteren Ende in Stacheln aus, die auf den Zeichnungen D'ORBIGNYS ziemlich richtig wiedergegeben sind, an unserer Form dagegen gruppieren sich die etwas länglichen Höckerchen zu schrägen Reihen, sind viel kleiner, als bei *Pr. Humboldti* und tragen Stacheln in der Mitte.»

Vorkommen: In dem roten Corakalk auf Beeren Eiland im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge und in Ymers Tal. Ein freies Exemplar ohne Gestein ist »Axels Inseln Bellsund 1864« etikettiert. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) führt die Art aus Spiriferenkalk und Kieselgestein im Spitzbergengebiet an und HOLTEDAHL (17. Seite 34) hat sie im Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel gefunden.

Productus Cora D'ORB.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 279.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen vor.

Vorkommen: Im roten Corakalk auf Beeren Eiland im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge und in Ymers Tal. In der älteren Sammlung liegen mehrere Stücke vor, welche wahrscheinlich aus dem Cyathophyllumkalk resp. Corakalk stammen. Sie sind Bellsund, Axels Insel und Angelins Berg etikettiert. Im Fusulinakalk am nördlichen Ufer von Mimers Bucht in Billen Bay habe ich ein Exemplar gefunden, das wahrscheinlich hierher gehört. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) führt die Art aus Cyathophyllumkalk und Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an. HOLTEDAHL (17. Seite 34) bildet ein nicht sicher bestimmbares Exemplar aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel ab. Ist diese Bestimmung richtig, so könnte man auch vermuten, dass die von J. G. ANDERSSON aus dem Ambiguakalk auf Beeren Eiland (1. Seite 255) erwähnten Exemplare von *Productus corrugatus* M'Coy auch hierher gehörten. Jedenfalls sind sie nicht sicher zu bestimmen, umsoweniger, als die Frage noch unentschieden ist, ob die beiden Arten identisch sind oder nicht.

Productus lineatus WAAG.

Taf. XIII. Fig. 14 und 15.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 284.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) aus dem Cyathophyllumkalk im Spitzbergengebiet angeführt. In der Stockholmer Sammlung findet sich ein von A. G. NATHORST im Cyathophyllumkalk am Westufer der Billenbay, östlich von Skansbay eingesammeltes Exemplar, welches an dem grösseren Teil der Schale einen deutlichen breiten Sinus hat. Eine sichere Bestimmung eines nicht ganz vollständigen Exemplars ist bei der Unsicherheit, die, wie GRÖBER (13. Seite 218) nachgewiesen hat, gegenwärtig herrscht, nicht möglich. Es ist in Frage gestellt, ob *P. lineatus* etwas anderes ist als ein sinuierter *P. Cora*.

Productus Aagaardi TOULA.1875. *Productus Aagaardi* TOULA. 43. Seite 237. Taf. 7. Fig. 2 a—c.1902. *Productus Aagaardi* TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 285 und 626. Taf. 56. Fig. 1—3.

Ein sehr grosses Material liegt vor. Die Art ist kurz und breit und ziemlich stark eingerollt. Ein Sinus fehlt entweder ganz oder giebt sich durch eine Abflachung der Schale kund oder bildet eine schwache Einbuchtung. Mitunter lässt er sich dann von der Nähe der Schalen spitze bis zum Vorderrand verfolgen, mitunter verwischt er sich, wenn die Schale älter wird. Die grosse Schale fällt seitlich sehr stark ab. Dennoch sind die kleinen gerunzelten Öhrchen nicht scharf abgesetzt. An der Innenseite ist der Medianwulst breit und kräftig und die Muskelfelder liegen infolge dessen weit auseinander und ausserdem dehnen sie sich auch seitlich ungemein weit aus. Die kleine Schale zeigt auch aussen eine scharfe Knickung und ist in der Mittelpartie konkav und stark concentrisch gerunzelt. In Zusammenhang mit der Runzelung entstehen Zuwachsstreifen aus frei herausragenden Schalenrändern, welche der Schale ein blätteriges Aussehen geben. Der Visceralraum ist nicht besonders niedrig. Die Muskelfelder der kleinen Schale sind gross und dreieckig und die nierenförmigen Eindrücke liegen weit seitlich und weit nach hinten.

Die Skulptur besteht ausser aus den obenerwähnten Runzeln an den Öhrchen und an der kleinen Schale aus feinen Streifen, die sich durch Interpolation vermehren. 9—10 Streifen kommen auf 5 Mm. Stacheln scheinen nicht vorzukommen.

Vorkommen: In Spiriferenkalk ist die Art an Bjonas Hafen, an Flowers Tal, an der Skans Bay, auf Wijks Berg und in Stenbrohult Tal, alles im Eisfjord, gefunden worden. In Kieselgestein ist sie in der Kingsbay, im Eisfjord und auf den Axelinseln in Bellsund gefunden worden. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 359) führt sie aus dem ganzen Oberkarbon im Spitzbergengebiet an. TOULAS Exemplare stammen aus Bellsund.

Productus Konincki VERN.

1873. *Productus Koninckianus* TOULA. 41. Seite 16. Taf. 2 Fig. 4.

1875. *Productus cancrini* TOULA. 43. Seite 251. Taf. 8. Fig 7 a—c.

Siehe im übrigen TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 291.

TOULAS Originale habe ich in Wien gesehen und sie gehören zweifellos zu dieser Art. Dagegen gehört TOULAS 1874 beschriebener *Productus (Strophalosia) cancrini* M. VERN. K. (42. Seite 145. Taf. 1. Fig. 9 a—d) nicht hierher.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen vor.

Vorkommen: Ein von NATHORST 1882 eingesammeltes Exemplar ist »Geschiebe wahrscheinlich aus Cyathophyllumkalk . . . N. Seite der Tempelbay» etikettiert. Im Corakalk auf Beeren Eiland ist die Art von ANDERSSON in Ymers Tal und im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge eingesammelt worden. Im Spiriferenkalk liegt sie aus dem Ufer an Flowers Tal in der Sassenbay und von Mt Misery auf Beeren Eiland vor. Die Exemplare aus den Axelinseln rühren wahrscheinlich aus dem Kieselgestein her.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) führt die Art aus Cyathophyllumkalk und Spiriferenkalk an. TOULAS Exemplare stammen aus dem Südkap und aus André Quarter zwischen Dickson und Ekman Bay.

Productus cancriniformis TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 292.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) aus den kieseligen *Productus*-Schichten im Spitzbergengebiet angeführt.

Productus Lovéni n. sp.

Taf. XVII. Fig. 12—18.

Die Form ist breit und wenig gekrümmt. Mitunter ist die Krümmung ganz gleichmässig, aber meistens findet sich eine sanft abgerundete Knickung. Ein Sinus fehlt gänzlich, wenn die Krümmung gleichmässig ist. An geknickten Exemplaren dagegen tritt mitunter ein kaum noch angedeuteter flacher Sinus eben in der Knickung auf und reicht dann bis zur Vorderkommissur. Der Visceralteil der Ventralschale ist aussen und innen nach allen Richtungen schwach und gleichmässig gewölbt. Die Öhrchen sind wenig hervortretend und die Schlosslinie ist nicht die breiteste Stelle der Schale. Die grösste Breite liegt etwa an der Mitte. Der Visceralraum ist ziemlich niedrig. Auch die Dorsalschale ist aussen sehr gleichmässig gewölbt und nicht gerunzelt. Inwendig ist an der Dorsalschale die Grenze des Visceralraumes deutlich markiert. Von der Innenseite der Dorsalschale kenne ich nicht mehr, als aus der Figur hervorgeht, aber an dieser kann man doch sehen, teils, dass die Skulptur flach und wenig hervortretend ist, teils dass sie von derjenigen bei *P. Abichi* WAAGEN (Pl. 74. Fig. 6 a) verschieden ist. Die Innenseite der Ventralschale ist auch dadurch ausgezeichnet, dass die Skulptur sehr flach und wenig ausgeprägt ist.

Die äussere Skulptur besteht aus sehr feinen Längsstreifen, 14 auf 5 Mm, welche von alternierend angeordneten Höckerchen unterbrochen werden. Die Höckerchen stehen an der Knickung in einer Entfernung von 4,5 Mm von einander. An dem Visceralteil, wo sie convergieren, stehen sie dichter und werden auch länger und schmaler.

Die ähnlichste bisher beschriebene Art ist der obenerwähnte *P. Abichi* WAAG. Bei dieser Art zeigt aber die Ventralschale keine Knickung, ein deutlicher Sinus ist vorhanden und die Skulptur ist sowohl innen wie aussen verschieden.

Vorkommen: Zahlreich in dem weissen, sandigen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg, wo sie von der Expedition 1868 gesammelt worden ist.

Productus artiensis TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 295.

Die Art wird von TSCHERNYSCHEW aus den kieseligen Productus-Schichten im Spitzbergengebiet angegeben.

Productus mammatus KEYS.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 295.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare liegen vor. Sie sind »Eisfjord« etikettiert und sitzen in einem schwarzen Kieselgestein. Ich selbst habe die Art in Geschieben aus einem grauen Kalkstein, wahrscheinlich Spiriferenkalk, am Westufer von Green Harbour in Stenbrohult Tal gesammelt. Hier trat sie in gesteinsbildender Menge auf. TSCHERNYSCHEW giebt sie aus dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an.

Productus punctatus MARTIN.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 35.

HOLTEDAHL giebt die Art als sehr häufig im Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel an.

Productus fasciatus KUT.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 297.

TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) giebt die Art aus dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an. In der Stockholmer Sammlung liegen einige unetikettierte Exemplare in grauem Kalk vor, welche ich als zu dieser Art gehörig bestimmt habe.

Productus elegans M'COY.

Synonymie siehe HOLTEDAHL. 17. Seite 35.

Mehrere Exemplare liegen in grauem Kalkstein vor und sind »Lovéns Berg?« etikettiert.

Productus porrectus KUT.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 301.

Von TSCHERNYSCHEW bestimmte Exemplare aus grauem Kalkstein aus Bellsund finden sich in der Stockholmer Sammlung. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) führt die Art aus dem Spiriferenkalk im Spitzbergengebiet an.

Productus longus MECK.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 305.

Die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) im Spiriferenkalk und in den kieseligen Productus-Schichten im Spitzbergengebiet vor.

Productus pseudohorridus n. sp.

Taf. XVII. Fig. 1—11.

Die Art ist kurz, breit und stark spiralig eingerollt. Die Öhrchen stehen wenig vor und sind wenig scharf abgesetzt. Die grösste Breite liegt, so weit beobachtet, an der Schlosslinie, aber ich glaube, dass sie bei vollkommen ganzen Exemplaren gleich vor den Öhrchen liegen muss. Der Sinus beginnt an der Schnabelspitze und ist tief. Er verbreitert sich anfangs rasch, aber nachher fast garnicht. Der Visceralraum ist auf ein Minimum reduciert und die Dorsalschale hat aussen einen medianen Rücken, der nicht scharf sondern abgerundet ist.

An der Innenseite der Ventralschale fallen die Eindrücke der Divaricatores durch ihre geringe Grösse und ihre Lage tief drinnen im Schnabel auf. Die Innenseite der Dorsalschale ist sehr konvex. Muskeldrucke und nierenförmige Eindrücke zeigen nichts Auffallendes. In einiger Entfernung vom Vorderrand des Visceraltheiles stehen zwei Reihen von Höckerchen, welche etwa an der Vorderecke zu einer einfachen aber etwas ungleichmässigen Reihe zusammenfliessen.

An der Aussenseite findet sich meistens keine Skulptur, sondern die Schale ist ganz glatt. An einem ungewöhnlich vollständigen Exemplar runzelt sich die Schale ein wenig an der Mündung. Dabei kommt

auf den Längsrücken zu beiden Seiten des Sinus je eine kielähnliche Erhöhung. Im Winkel zwischen den Öhrchen und dem übrigen Teil der Schale steht eine Reihe von drei kräftigen Stacheln. Im übrigen finden sich keine Stacheln.

Es ist diese Art, welche dem grössten Teil des *Productus horridus* LINDSTRÖMS (34. Seite 302) entspricht. Ebenso gehört mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit ein Teil (43. Seite 232. Taf. 5. Fig. 2 a—d) von TOULAS *P. horridus* hierher. Die Ähnlichkeit mit *P. horridus* Sow. ist gering, dagegen ist eine gewisse Ähnlichkeit mit *P. splendens* NORW. u. PRATTEN (14. Plate 19. Fig. 1—4) unverkennbar.

Vorkommen: Die Art ist häufig in dem Kieselgestein auf der Axel Insel und an dem gegenüberliegenden Ufer von Bellsund. Einige Exemplare sind »Green Harbour» und »Eisfjord» etikettiert. Ich selbst habe im Spiriferenkalke vereinzelte Exemplare auf Wijks Berg in Dicksonbay und an der Anser Bucht in Billen Bay gesammelt.

Productus timanicus STUCK.

Taf. XVII. Fig. 19—21. Taf. XVIII. Fig. 1—6.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 306.

Mehrere Exemplare aus verschiedenen Lokalen im Spitzbergengebiet sind von TSCHERNYSCHEW bestimmt worden. Die Art ist auch schon recht vielseitig abgebildet und beschrieben worden. Da aber mein Material so besonders gross und schön ist, habe ich Gelegenheit, einige komplettierende Figuren zu geben. Die Öhrchen der kleinen Schale sind vorn und hinten mit dicht stehenden kräftigen Stacheln besetzt, also eine ganz andere Anordnung als bei *P. horridus* Sow. In Gegensatz zur nächsten Art sind hier an der Ventralschale die Eindrücke der Divaricatores sehr lang und breit, also überhaupt gross, und von der Umgebung nicht scharf abgesetzt. Letzteres dürfte sich bei alten Exemplaren ändern können. An den Abbildungen der Innenseite der kleinen Schale sieht man, dass die nierenförmigen Eindrücke distal ziemlich breit sind und sich verschieden weit nach vorne erstrecken können. Der Visceralraum ist ziemlich hoch.

P. horridus LINDSTRÖMS umfasst auch Exemplare dieser Art.

Vorkommen: Die Art ist eine der häufigsten im Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets. Auf Beeren Eiland ist sie an der Nordküste und auf Mt Misery gesammelt worden. Auf Spitzbergen kommt sie im weissen, sandigen Spiriferenkalk auf Lovéns Berg zahlreich vor. In dem grauen Spiriferenkalk am Ufer der Sassenbay, östlich von Flowers Tal, tritt sie gesteinsbildend auf. An derselben Stelle, aber höher, in dem früher nicht zum Spiriferenkalk gerechneten Kalkstein (von 20 M. Mächtigkeit, siehe Profil Seite 28), ist sie auch häufig. Ausserdem ist sie an der Tempel Bay, an Skans Bay und auf Wijks Berg gesammelt worden. TSCHERNYSCHEW (47. Seite 360) führt die Art aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets an.

Productus impressus TOULA.

Taf. XVIII. Fig. 7—9. Taf. XIX. Fig. 22—27.

1875. *Productus impressus* TOULA. 43. Seite 236. Taf. 5. Fig. 1 a—c.

In der Toulaschen Sammlung im Hofmuseum in Wien erkannte ich gleich diese mir aus Spitzbergen wohlbekannte Art. Die Schale ist flach und breit. Die grösste Breite liegt am Schlossrande. Die Öhrchen sind nicht abgesetzt, sondern gehen in Folge der geringen Wölbung allmählich in die übrige Schale über. Der Wirbel ist nur wenig überragend. Der Sinus ist flach, schmal und wenig tief und beginnt am Wirbel. Dem Sinus entsprechend findet sich an der Dorsalschale wie bei *P. timanicus* ein niedriger medianer Rücken, der aber weniger scharf ist, als bei dieser Art.

Der Visceralraum ist auf ein Minimum reduciert. An der Innenseite der Ventralschale sind die Eindrücke der Divaricatores kurz, schmal und klein und gegen die übrige Schale scharf abgesetzt. Die Innenseite der Dorsalschale ähnelt sehr derjenigen der vorigen Art aber der distale Teil der nierenförmigen Eindrücke ist schmal.

Die äussere Skulptur besteht aus feinen kleinwelligen Streifen, etwa 25 per Cm, die sich durch Teilung vermehren. An der Dorsalschale sieht man auch Zuwachsstreifen. TOULA will am Schlossrande Andeutungen von Stachelspuren beobachtet haben. Ich habe keine gesehen, aber es ist ja wenig wahrscheinlich, dass keine vorhanden seien, und so schön ist mein Material nicht, dass ich behaupten könnte, dass Stacheln fehlen.

Vorkommen: Die Art ist eine der häufigsten auf Spitzbergen. Dass sie in den Sammlungen verhältnissmässig so selten ist, dürfte darauf beruhen, dass es so schwer ist, gute Stücke zu bekommen. Ich selbst habe sie an der Sassen Bay, östlich von Flowers Tal in gesteinsbildenden Massen gesehen. Die Art gehört dem Spiriferenkalk an und liegt aus folgenden Stellen vor: Mit Misery auf Beeren Eiland, Ostufer von Tempelbay, Bjonas Hafen, östlich von Flowers Tal, Anser Bucht und Skans Bay. TOULAS Exemplar stammt aus Bellsund.

Marginifera involuta TSCHERN.

Taf. XIX. Fig. 1—11.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 321.

Die Form ist stark spiralig eingerollt und die äussere Form stimmt gut zu TSCHERNYSCHEWs Figuren. Doch scheint bei meinem Material der Visceralraum etwas kürzer zu sein als bei dem von TSCHERNYSCHEW (Textfig. Seite 322 und 646 und Taf. 58. Fig. 5 b) abgebildeten Exemplar. Die äussere Verzierung ist bei meinem Material schlecht erhalten, weil alle Exemplare durch Ausspaltung aus dem Gestein gewonnen worden sind. Die Art soll sich nach TSCHERNYSCHEW »durch ihre sehr schwache Berippung» auszeichnen, »die nur an der Visceralpartie deutlich erkennbar ist.» Das ist hier der Fall. Die Nadeln sollen an der Ventralklappe undicht stehen. An dem einzigen Exemplar, wo ich Nadeln habe beobachten können, sind an jeder Seite nur zwei zu sehen, sie können aber zahlreicher gewesen sein. Der Sinus ist tief. Wie die Innenseite der Dorsalschale gebaut ist, geht aus TSCHERNYSCHEWs Figur nicht hervor. Der Margo, nach welchem die Gattung ihre Benennung erhalten hat, ist hier wie bei anderen Arten sowohl dieser Gattung wie auch bei mehreren der Gattung *Productus* vorhanden. Auch finden sich keine Abweichungen von dem allgemeinen Bau der Muskeleindrücke und der nierenförmigen Eindrücke. Letztere liegen weit vorne und seitlich und sind in ihrem distalen Teil rundlich. Die Höhe des Visceralraumes wechselt, er wird aber weder besonders hoch noch niedrig.

Vorkommen: Die Art ist von ANDERSSON und FORSBERG in zahlreichen Exemplaren in dem roten Corakalk auf Beeren Eiland im Passe zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge und in Ymers Tal eingesammelt worden.

Marginifera typica WAAG. var. **septentrionalis** TSCHERN.

Synonymie siehe TSCHERNYSCHEW. 47. Seite 322.

Zu TSCHERNYSCHEWs Beschreibung habe ich nichts Neues hinzuzufügen.

Zu dieser Art dürfte auch TOULAS *Productus longispinus* Sow. var. *setosus* PHILL. (43. Seite 255. Taf. 8. Fig. 8 a und b) gehören.

Vorkommen: TOULA führt die Art aus der Landzunge zwischen den beiden Armen des Nordfjordes, also wahrscheinlich dem Berge Capitolium, an. TSCHERNYSCHEW giebt sie aus dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets an. Die wenigen Exemplare in den schwedischen Sammlungen stammen aus Bellsund und sind Bellsund oder Axels Inseln etikettiert. HOLTEDAHN (17. Seite 36. Taf. 3. Fig. 3) bildet ein Exemplar aus dem Mosquensiskalk auf Bröggers Halbinsel ab. »Ob die Spitzbergen-Form mit der typischen Form oder dieser Varietät identisch ist, lässt sich schwer sagen . . .«, schreibt HOLTEDAHN. Es scheint mir fraglich, ob das Exemplar überhaupt bestimmbar ist.

Marginifera ? bicarinata n. sp.

Taf. XIX. Fig. 12—21.

1889. *Marginifera ? spitzbergiana* TSCHERNYSCHEW non TOULA. 46. Seite 286 und 375. Taf. 7. Fig. 36 a—c.

Wie schon FRECH (8. Seite 498) nachgewiesen hat, ist *Marginifera ? spitzbergiana* TOULA bei TSCHERNYSCHEW nicht mit *Productus spitzbergianus* TOULA (42. Seite 144. Taf. 1. Fig. 8 a—d) identisch. FRECH vergleicht das Toulasche Original mit *Productus artiensis* TSCHERN. Es ist jedenfalls nicht mit der vorliegenden Art identisch, dürfte aber einstweilen nicht näher bestimmbar sein. Auch diese Art ist von LINDSTRÖM (34. Seite 302) als eine Varietät von *Productus horridus* Sow. aufgefasst worden. Ob die Art wirklich zur Gattung *Marginifera* ge-

hört, lässt sich nicht entscheiden, ist aber kaum von Interesse, da diese Gattung wohl überhaupt nicht aufrecht zu erhalten ist.

Der Visceralraum ist mässig hoch, breiter als lang. Die Schale ist stark spiralig eingerollt. Die Öhrchen sind nicht scharf abgesetzt. Der Sinus ist tief und breit, im Querschnitt offen V-förmig. Mit den Seitenteilen der übrigen Schale bilden die Seitenteile des Sinus einen scharfen Winkel, der mitunter sogar kleiner als 90° ist. Hierdurch entstehen an der Ventralschale die zwei Kiele, worauf sich der Name bezieht.

An der Dorsalschale sieht man dem Sinus entsprechend einen scharf ausgeprägten Kiel.

Die Skulptur besteht aus verhältnismässig groben Längsstreifen. Distal kommt eine schwach ausgeprägte Längsrundung hinzu. Wie es sich mit den Stacheln verhält, kann ich wegen des Erhaltungszustandes nicht sagen, aber in dem wenig ausgeprägten Winkel zwischen dem Öhrchen und der übrigen Schale sitzt wenigstens ein grober Stachel. Die Innenseiten der Schalen sind mir bei dieser Art nicht bekannt.

Vorkommen: Ein Exemplar in grauem Spiriferenkalk ist nicht etikettiert. Fünf Exemplare aus Green Harbour sitzen in Feuerstein und dürften aus dem Kieselgestein stammen. Drei Exemplare habe ich in einem Geschiebe aus teilweise verkieseltem Kalkstein am Ufer von Green Harbour in Stenbrohult Tal gesammelt. Ob dieses Gestein zu dem Spiriferenkalk oder dem Kieselgestein gehört, lässt sich nicht entscheiden.



REVISION ÄLTERER BESTIMMUNGEN.

Als Anhang zu den Artbeschreibungen gebe ich hier eine Revision der Bestimmungen DE KONINCKS, LINDSTRÖMS und TOULAS, so weit ich eine solche ausführen konnte. Es ist ja natürlich, dass diese Bestimmungen, welche in einer Zeit ausgeführt sind, wo kein marines Oberkarbon bekannt war, ziemlich unglücklich ausgefallen sind.

DE KONINCK (22) hat aus Spitzbergen folgende Arten angeführt: *Spirifer alatus* SCHLOTH. var., *Sp. cristatus* SCHLOTH. var., *Productus horridus* SOW., *P. cancrini* VERN., *P. Leplayi* VERN.? und *P. Robertianus* DE KON.

Ich habe DE KONINCKS Material nicht gesehen und kann also nicht beurteilen, was sich unter diesen Namen versteckt.

Was die beiden *Spiriferen*-Arten betrifft, so sind sie als Varietäten angeführt und können also etwas ganz Anderes sein. Dass *Productus horridus* vorliege, ist wohl nach dem, was man jetzt weiss, wenig wahrscheinlich. *P. Leplayi* wird mit Fragezeichen angeführt. Auch *P. cancrini* scheint nach den jetzigen Forderungen nicht bestimmt werden zu können.

Productus Robertianus erinnert stark an TOULAS *P. Wilczeki*. In der Stockholmer Sammlung liegen Stücke vor, welche von G. LINDSTRÖM als *P. Robertianus* bestimmt worden sind. Ganz ähnliche Exemplare sind auch von TSCHERNYSCHEW zu dieser Art gestellt worden. Ein anderes ähnliches Exemplar ist von LINDSTRÖM als *Prod. Wilczekii?* etikettiert worden. Keines von diesen zahlreichen Exemplaren ist so gut erhalten, dass ich eine Beschreibung darauf gründen kann. Sie machen auf mich den Eindruck, Abschälungsstadien von einer vielleicht ganz anders aussehenden Art zu sein. Es ist jedoch immerhin möglich, dass es wirklich einen *P. Roberti* DE KON. resp. *P. Wilczekii* TOULA giebt. Das schwedische Material kommt hauptsächlich aus dem Kieselgestein der Axelinseln in Bellsund. Ein Exemplar ist »Eders Insel» etikettiert.

Über die von LINDSTRÖM (34) angeführten Arten ist folgendes zu bemerken:

Terebratula fusiformis VERN. Es liegt kein so etikettiertes Stück vor.

Das damals einzig vorliegende Material bestand aus *Dielasma plica* KUT.

Rhyndronella pleurodon SOW. ist *Rhynchopora Nikitini* TSCHERN.

Camarophoria crumena MART. ist richtig.

Camarophoria Humbletonensis HOWSE besteht aus schlecht erhaltenem, nicht näher bestimmbarem Material.

Athyris Royssii l'Eveillé ist unbestimmbar.

Spirifer bisulcatus SOW. var. *sarane* VERN. ist *Spiriferina Sarane* VERN.

Spirifer incrassatus EICHW. ist *Spirifer Lovéni* WN.

Chonetes perforata LM, nomen nudum, ist unbestimmbar.

Chonetes scutellum LM, nomen nudum, ist unbestimmbar.

Chonetes variolaris (sic. ohne Auctornamen). Ein so etikettiertes Material liegt nicht vor. *Ch. variolata* D'ORB. kommt aber nach TSCHERNYSCHEW (47. Seite 358) auf Spitzbergen vor.

Productus cancrini VERN. ist *Productus Lovéni* WN.

Productus Humboldti D'ORB. besteht aus unbestimmbaren Fragmenten aus Gips Hook.

Productus horridus SOW. ist meistens *P. pseudohorridus*, aber auch *P. timanicus* STUCK. und *Marginifera? bicarinata* WN.

Productus Leplayi VERN. Was unter dieser Benennung zu verstehen ist, ist mir unbekannt.

Productus Weyprehti TOULA ist richtig.

Strophalosia lamellosa GEIN besteht aus auch der Gattung nach unbestimmbaren Fragmenten aus Lovén's Berg.

Die von TOULA erwähnten Arten sind ja meistens beschrieben und abgebildet und deshalb habe ich sie schon bei den Artbeschreibungen vielfach berücksichtigen können. Bei mehreren ist das aber nicht der Fall, und deshalb finde ich es zweckmässig hier alle kurz zu behandeln.

Terebratula hastata SOW. var. (41. Seite 2) ist wahrscheinlich *Dielasma plica* KUT., aber zu klein, um sicher bestimmt werden zu können.

- Rhynchonella* cf. *pleurodon* PHILL. (43. Seite 237). Die Art wird 1873 als *Camarophoria crumena* erwähnt. Diese Bestimmung wird 1875 zurückgenommen. Ist *Rhynchopora Nikitini* TSCHERN.
- Camarophoria crumena* MART. (41. Seite 7, 42. Seite 137, 43. Seite 258). Die Bestimmung wird 1875 Seite 237 in *Rhynchonella* cf. *pleurodon* PHILL geändert. Ist *Rhynchopora Nikitini* TSCHERN.
- Spiriferina cristata* SCHLOTH. sp. var. (43. Seite 258). Wird nach DE KONINCK angeführt und dürfte unbestimmbar sein.
- Spiriferina Höferiana* TOULA (42. Seite 135) habe ich mit *Spiriferina cristata* SCHLOTHEIM identifiziert.
- Spirifer* cf. *alatus* SCHLOTH. var. ist nach TSCHERNYSCHEW *Spirifer Dieneri*.
- Spirifer cameratus* MORT. (43. Seite 240) ist *Spiriferina fasciger* KEYS.
- Spirifer cameratus* MORT. var. *extremus* TOULA (43. Seite 240) ist nach TSCHERNYSCHEW *Spirifer fasciger* KEYS.
- Spirifer Draschei* TOULA (43. Seite 239) ist *Spirifer Draschei* TOULA.
- Spirifer lineatus* MARTIN? (42. Seite 137) habe ich nicht gesehen.
- Spirifer lineatus* MARTIN var. *ellipticus* Sow.? (42. Seite 137) kenne ich auch nicht.
- Spirifer Parryanus* TOULA (43. Seite 256) ist *Spiriferina Keilhavii* v. BUCH.
- Spirifer striatus* MARTIN (41. Seite 4, 42. Seite 136, 43. Seite 254) besteht aus unbestimmbaren Fragmenten verschiedener Arten.
- Spirifer striato-paradoxus* TOULA (41. Seite 5, 43. Seite 254). Das Exemplar von 1873 ist unbestimmbar, das Exemplar von 1875 dürfte eine besondere Art sein, mit ausserordentlich schmalem Muskelfeld in der Ventralschale, aber das Exemplar ist zu fragmentarisch, um beschrieben zu werden.
- Spirifer Wilczekii* TOULA (41. Seite 5, 42. Seite 136, 43. Seite 241). Das Exemplar von 1873 ist *Spiriferina Keilhavii* v. BUCH, die übrigen sind unbestimmbar.
- Spirifer* sp. ind. (41. Seite 7. Taf. 2. Fig. 1 und 2) ist *Spiriferina Keilhavii* v. BUCH.
- Streptorhynchus crenistria* PHILL. (41. Seite 8, 43. Seite 252). Alle Exemplare sind unbestimmbar.
- Streptorhynchus crenistria* PHILL. var. *macrocardinalis* TOULA (43. Seite 253) ist *Streptorhynchus macrocardinalis* TOULA.

- Orthis resupinata* MART. (43. Seite 237) ist wenigstens einstweilen unbestimmbar.
- Orthis Keyserlingiana* DE KON.? (41. Seite 8) ist unbestimmbar.
- Chonetes Capitulinus* TOULA (43. Seite 250) wird oben angeführt.
- Chonetes granulifera* SOW. (42. Seite 151) habe ich in Wien nicht gesehen, aber die Art kommt nach TSCHERNYSCHEW auf Spitzbergen vor.
- Chonetes* cf. *Hardrensis* PHILL. (43. Seite 250) habe ich in Wien nicht gesehen, aber nach der Figur zu urteilen, ist das Exemplar unbestimmbar.
- Chonetes papilionaceus* PHILL. (41. Seite 18) ist unbestimmbar.
- Chonetes Verneuiliana* NORW. u. PRATT var. *Spitzbergiana* TOULA (42. Seite 149. 43. Seite 231) scheint eine nicht näher bestimmbare *Marginifera*- oder *Productus*-Art zu sein.
- Productus Aagaardi* TOULA (43. Seite 235) wird oben angeführt.
- Productus cancrini* VERN. (42. Seite 145, 43. Seite 232 und 251. Das eine Exemplar von 1875 ist *P. Konincki* VERN., die übrigen sind unbestimmbar.
- Productus horridus* SOW. (43. Seite 232). Das Exemplar aus Arena ist unbestimmbar, für die übrigen können *Productus pseudohorridus* WN und zwei *Marginifera*-Arten in Betracht kommen.
- Productus horridus* SOW. var. (43. Seite 23. Taf. 6. Fig. 4) ist wahrscheinlich *P. pseudohorridus* WN.
- Productus horridus* SOW. var. *granuliferus* TOULA (43. Seite 233) sieht aus wie die Figur, ist mir aber unbekannt.
- Productus Humboldti* D'ORB. (41. Seite 16, 43. Seite 233 und 251) ist unbestimmbar.
- Productus impressus* TOULA (43. Seite 236) wird oben angeführt.
- Productus Koninckianus* VERN. (41. Seite 16) ist *P. Konincki* VERN. und wird oben angeführt.
- Productus longispinus* SOW. (42. Seite 142) ist unbestimmbar.
- Productus longispinus* SOW. var. *acutirostratus* TOULA (42. Seite 144) wird 1875 nicht mehr angeführt; ich habe ihn auch in Wien nicht gesehen.

Productus longispinus SOW. var. *setosus* PHILL. (43. Seite 252) ist *Margifera septentrionalis* TSCHERN.

Productus Payeri TOULA (41. Seite 11). Es ist möglich, dass diese lange, wenig gewundene Form eine eigene Art ist, man könnte aber auch an kleine Exemplare von *P. Purdoni* DAV. denken. Da aber das Material aus schlechten Steinkernen besteht, lässt es sich einstweilen nicht näher bestimmen.

Productus cf. *Prattenianus* NORW. (42. Seite 139) habe ich nicht gesehen.

Productus Robertianus DE KON. (43. Seite 258) wird nach DE KONINCK erwähnt.

Productus cf. *scabriculus* MART. (43. Seite 252) ist unbestimmbar.

Productus semireticulatus MART. (43. Seite 234) ist unbestimmbar.

Productus Spitzbergianus TOULA (42. Seite 144, 43. Seite 251) wird 1875 als Varietät von *P. horridus* SOW. angeführt und ist unbestimmbar.

Productus undatus? DEFR. (43. Seite 256) habe ich nicht gesehen.

Productus Weyprehti TOULA (41. Seite 13, 42. Seite 138, 43. Seite 234) wird oben erwähnt.

Productus Wilczekii TOULA (42. Seite 141) ist unbestimmbar. Siehe *P. Robertianus* unter DE KONINCK.

Strophalosia Leplayi GEIN. (42. Seite 149) ist unbestimmbar.

Strophalosia sp. ind. (41. Seite 10) lässt sich nicht näher bestimmen.

TABELLARISCHE ÜBERSICHT ÜBER DAS VORKOMMEN
DER ARTEN.

	Spitzbergen				Beeren Eiland				Spitzbergen- gebiet nach TSCHERNY- SCHEW				Russland				
	Mosquensikalk	Cyathophylumkalk	Spiriferenkalk	Kieselgestein	Ambigunkalk	Corakalk	Spiriferenkalk		Cyathophylumkalk	Spiriferenkalk	Kieselgestein	Mittelfarbon	Omphalotrochinschichten	Coraschichten	Schwagerienkalk	Dolomithorizont. Araslufe	Permische Ablagerungen
<i>Dielasma sacculus</i> MARTIN?	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Möller</i> i TSCHERN.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+	+	—
<i>plica</i> KUT.	—	—	+	—	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	—
<i>italitubense</i> DERBY	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+
<i>Hemiptychina sublævis</i> WAAG.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—
<i>Pugnax osagensis</i> SWALLOW	—	—	—	—	—	+	?	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Rhynchopora Nikitini</i> TSCHERN.	—	—	+	?	—	+	—	—	—	+	—	—	+	+	+	+	+
<i>variabilis</i> STUCK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+	+	+
<i>Camarophoria crumena</i> MART.	—	—	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+
<i>Purdoni</i> DAV.	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>mutabilis</i> TSCHERN.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	+	+	—
<i>plicata</i> KUT. ¹	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—
<i>pentameroides</i> TSCHERN.	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Athyris Ambigua</i> SOW.	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Royssii</i> L'EVEILLÉ?	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Royssiana</i> TSCHERN.	—	—	+	?	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+
<i>planosulcata</i> PHILL.	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	—
<i>sp.</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hustedia remota</i> EICHW.	—	+ ²	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	—	—
<i>Eumetria serpentina</i> KON.?	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Spiriferina insculpta</i> PHILL.?	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Holzapfeli</i> TSCHERN.?	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>cristata</i> SCHLOTH.	—	—	?	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+	+	—
<i>expansa</i> TSCHERN.	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—
<i>saranæ</i> VERN.	—	—	+	+	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	—

¹ In Fusulinakalk auf Beeren Eiland.² Fusulinakalk.

	Spitzbergen				Beeren Eiland	Spitzbergen- gebiet nach TSCHERNY- SCHEW				Russland						
	Mosquensis-kalk	Cyathophyllum-kalk	Spiriferen-kalk	Kieselgestein	Ambiguum-kalk	Gorn-kalk	Spiriferen-kalk	Cyathophyllum-kalk	Kieselgestein	Spiriferen-kalk	Mittelschichten	Omphalotrochusschichten	Cornaschichten	Schwagerinenkalk	Dolomithorizont. Artaschale	Permische Ablagerungen
Keilhavii v. BUCH	-	-	+	?	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Salteri TSCHERN.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-
Draschei TOULA	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
polaris WN.	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spirifer cameratus MORTON	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-
fasciger KEYS.	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-
Ravana DIENER	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Marcoui WAAG.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
tastubensis TSCHERN.?	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Dieneri TSCHERN.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-
mosquensis FISCHER v. WALDH.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
supramosquensis NIK.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Fritschii SCHELLW.	-	?	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-
rectangulus KUT.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Lovéni WN.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syringothyris spitzbergensis WN.	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyrtina septosa PHILL.	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Martinia	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reticularia lineata MART.	+	-	+	?	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Streptorhynchus macrocardinalis TOULA	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
triangularis WN	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kempei ANDERSSON	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Derbyia grandis WAAG.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Mekella eximia EICHW.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Rhipidomella Michelini L'EVEILLÉ.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schigophoria indica WAAG.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthotichia Morgani DERBY	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Chonetes sp. cf. Geinitzi WAAG.	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-
capitolinus TOULA	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
variolata D'ORB.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
granulifera OWEN	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-
Möller TSCHERN.	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-
Strophalosia	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Productus boliviensis D'ORB.	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-
multistriatus MECK var.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Weyprecht TOULA	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Spitzbergen				Beeren Eiland		Spitzbergen- gebiet nach TSCHERNY- SCHEW			Russland				
	Mosquensiskalk	Cyathophylumkalk	Spiriferkalk	Kieselgestein	Ambigunkalk	Corakalk	Spiriferkalk	Cyathophylumkalk	Kieselgestein	Spiriferkalk	Mittelearbon	Omphalotrochusschichten	Coraschichten	Schwagerinenkalk
Permische Ablagerungen														
Dolomithorizont. Arastufe														
duplex WN	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
uralicus TSCHERN.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-
inflatus MC CHESNY	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
longispinus SOW.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pseudoaculeatus KROT.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Isachseni HOLTED.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
pustulatus KEYS.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Purdoni DAV.	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
irginæ STUCK.	+	-	-	?	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-
Cora D'ORB.	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+
lineatus WAAG.	-	?	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
Aagaardi TOULA	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
Konincki VERN.	-	?	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+
canceriniformis TSCHERN	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Lovéni WN.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
artiensis TSCHERN.	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
mammatus KEYS.	-	-	?	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
punctatus MARTIN	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
fasciatus KUT.	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
elegans M'COY	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
porrectus KUT.	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
longus MECK.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
pseudohorridus WN	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
timanicus STUCK.	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-
impressus TOULA	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
Marginifera involuta TSCHERN.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
typica WAAGEN var. septentrio-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
nalis TSCHERN.	-	-	?	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
? bicarinata WN.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Wie aus obiger Tabelle hervorgeht, kommen in den marinen Karbonschichten Spitzbergens und Beeren Eilands 90 auch der Art nach bestimmte Brachiopodenarten vor. Sechs von diesen sind mit Fragezeichen angeführt und werden nicht in Betracht gezogen. Von den übrigen 84 Arten kommen 58 in Russland vor, und 14 sind für

Spitzbergen eigentümlich. Es ist wahrscheinlich, dass von den übrigen 14 Arten auch einige in Russland gefunden worden sind. Da es aber sehr schwer ist, mit der russischen Literatur umzugehen, habe ich, was diese 14 Arten betrifft, ganz darauf verzichtet und begnüge mich, von ein paar Ausnahmen abgesehen mit den diesbezüglichen Angaben von TSCHERNYSCHEW. Die karbonische Brachiopodenfauna des Spitzbergengebiets besteht also zu wenigstens 69 % aus Arten, die auch in entsprechenden Schichten in Russland vorkommen. Von diesen 58 mit Russland gemeinsamen Arten sind 32 Arten, also mehr als die Hälfte, als eigentlich russisch zu betrachten, sie sind von Russen und aus Russland beschrieben worden. Schon die echt russischen Arten sind also mehr als doppelt so zahlreich wie die für das Gebiet eigentümlichen Arten. Es kann also darüber kein Zweifel bestehen, dass sich das Spitzbergengebiet aufs engste an das russische Faunengebiet anschliesst.

Was die faunistische Übereinstimmung der besonderen Schichten im Spitzbergengebiet und in Russland betrifft, so ist diese schon von TSCHERNYSCHEW eingehend untersucht worden. Aus meiner Tabelle geht eine ganz besondere Übereinstimmung zwischen dem Spiriferenkalk des Spitzbergengebiets und den Schwagerinenschichten Russlands hervor.

Die productusführenden Kieselgesteine Spitzbergens lassen sich nicht so zuverlässig mit der Artstufe Russlands vergleichen, weil einerseits immer unklar bleibt, was auf Spitzbergen als Kieselgestein aufgefasst worden ist, und anderseits, ob ein in den Sammlungen in Feuerstein sitzendes Fossil wirklich aus dem Kieselgestein oder z. B. aus verkieseltem Spiriferenkalk stammt. Es ist auch zu vermuten, dass ein Teil der von TSCHERNYSCHEW aus dem Kieselgestein Spitzbergens angegebenen Arten auf Bestimmungen in eben derselben Sammlung gegründet ist; und es ist sehr wahrscheinlich, dass TSCHERNYSCHEW nach schwedischem Beispiel auf Spitzbergen etwas mehr zum Kieselgestein gerechnet hat als ich.

LITERATUR.

1. ANDERSSON, J. G. Über die Stratigraphie und Tektonik der Bären Insel. Bull. Geol. Inst. of Upsala. Vol. 4 (1898—99), Upsala 1900.
2. BUCH, L. v. Über *Spirifer Keilhavii*. Abh. der k. Akad. d. Wissensch. Berlin. Jahrg. 1846. Seite 65. Berlin 1848.
3. DAVIDSON, TH. British Carboniferous Brachiopoda. Part 5. Pal. Soc. London 1857—62.
4. DE GEER, G. A geological excursion to central Spitzbergen. Guide de l'excursion au Spitzberg. XI:e Congr. Geol. Internat. Stockholm 1910.
5. ——— The Coal Region of Central Spitzbergen. Ymer. Jahrg. 1912. Seite 335. Stockholm 1913.
6. DUNIKOWSKI, E. v. Über Permo-Carbonschwämme von Spitzbergen. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Bd. 21. N:o 1. Stockholm 1884.
7. FLIEGEL, G. Über obercarbonische Faunen aus Ost- und Südasien. Paläontographica. Bd. 48. Seite 91. Stuttgart 1901.
8. FRECH, F. *Lethæa geognostica*. Teil 1. *Lethæa palæozoica*. Bd. 2. Seite 496—499. Stuttgart 1897—1902.
9. GEINITZ, H. B. Carbonformation und Dyas in Nebraska. Verh. d. Kais. Leop.-Carol. Akad. d. Naturf. Bd. 33. Dresden 1866.
10. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. Bd. 2. Seite 285 und 286. Sitzung d. 4 Febr. 1875.
11. Girty, G. H. The Carboniferous Formations and Faunas of Colorado. U. S. Geol. Surv. Ser. C. N:o 63. Prof. Pap. N:o 16. Washington 1903.
12. GOËS, A. Om *Fusulina cylindrica* Fischer från Spetsbergen. Öfvers. K. Vet. Akad:s Förh. Jahrg. 40. 1883. N:o 8. Stockholm 1884.
13. GRÖBER, P. Über die Faunen des untercarbonischen Transgressionsmeeres des zentralen Tian-schan, die in der Umgebung des Sart-dschol-Passes gefunden worden sind. Neues Jahrb. Beil. Bd. 26. Stuttg. 1909.
14. HALL, J., assisted by CLARKE, J. Genera of Palæozoic Brachiopoda. Part 1 und 2. Geol. Surv. New York, Palæontology Vol. 8. Albany 1892 resp. 1894.
15. HAUGHTON, S. Description of the Plates to illustrate the Geology of Captain M'Clintock's Ice-Travels in M'CLINTOCK, F. L. Reminiscences of Arctic Ice-Travel in search of Sir John Franklin and his companions. With geological Notes and Illustrations. Journ. Roy. Dublin Soc. Vol. 1. 1856—57. Dublin 1858. Seite 239.
16. HINDE, G. J. On the chert and siliceous schists of the Permo-Carboniferous strata of Spitzbergen and on the characters of the Sponges therefrom, which have been described by E. v. DUNIKOWSKI. Geol. Mag. Dec. 3. Vol. 5. Jahrg. 1888. Seite 241. London 1888.

17. HOLTEDAHL, O. Zur Kenntniss der Karbonablagerungen des westlichen Spitzbergens. 1 Eine Fauna der Moskauer Stufe. Videnskabselskabets Skrifter. I. Mat.-naturw. Klasse 1911. N:o 10. Kristiania 1911.
18. ——— Zur Kenntniss der Karbonablagerungen des westlichen Spitzbergens. II. Allgemeine stratigraphische und tektonische Beobachtungen. Ibid. 1912. N:o 23. Kristiania 1913.
19. KEILHAU, B. M. Reise i Öst- og Vest-Finmarken samt til Beeren-Eiland og Spitzbergen i Aarene 1827 og 1828. Kristiania 1831.
20. KONINCK, L. DE. Notice sur quelques fossiles du Spitzberg. Bull. Acad. roy. de Belgique. Tome 13. N:o 6. 1846.
21. ——— Monographie du Genre Productus. Mém. Soc. Roy. d. Sc. Liège. Tom 4. Partie 1. Seite 71. Liège 1847.
22. ——— Nouvelle notice sur les fossiles du Spitzberg. Bull. Acad. roy. de Belgique. Tome 16. Partie 2. Seite 632. Bruxelles 1850.
23. ——— Faune du Calcaire Carbonifère de la Belgique. Partie 6. Brachiopodes. Ann. Mus. R. Hist. Nat. de Belg. Tome 14. Bruxelles 1887.
24. LUNDGREN, B. Anmärkningar om Perm-fossil från Spetsbergen. Bih. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. 13. Afd. 4. N:o 1. Stockholm 1887.
25. MECK, F. B. Palæontology. Part. 1. U. S. Geol. Exp. of the Fortieth Parallel. Wash. 1877.
26. NATHORST, A. G. Redogörelse för den tillsammans med G. De Geer år 1882 företagna geologiska expeditionen till Spetsbergen. Bih. till K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. 9. N:o 2. Stockholm 1884.
27. ——— Bidrag till Kung Karls lands geologi. Geol. Fören. Förh. Bd. 23. Seite 341. Stockholm 1901.
28. ——— Beiträge zur Geologie der Bären-Insel, Spitzbergens und des König-Karl-Landes. Bull. Geol. Inst. of Upsala. Vol. 19 (1910—1911). Upsala 1910.
29. ——— und HULTH, J. M. Swedish Explorations in Spitzbergen 1758—1908. Ymer Jahrg. 1909. Stockholm 1910.
30. NETSCHAJEW, A. W. Die Fauna der Perm-Ablagerungen vom Osten und vom äussersten Norden des Europäischen Russlands. 1. Brachiopoda. Mém. du Com. Géol. Nouv. Ser. Livr. 61. St. Petersburg 1911.
31. NEUMAYR, M. Über Brachialleisten (»nierenförmige Eindrücke») der Productiden. Neues Jahrb. Jahrg. 1883. Bd. 2. Seite 27. Stuttg. 1883.
32. NIKITIN, S. Dépôts carbonifères et puits artésiens dans la region de Moscou. Mém. du Com. Géol. St. Petersburg. Vol. 5. N:o 5. 1890.
33. NORDENSKIÖLD, A. E. Utkast till Spetsbergens Geologi. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. 6. N:o 7. Stockholm 1866.
34. ——— Utkast till Isfjordens och Bellsounds geologi. Geol. Fören. Förh. Bd. 2. Seite 301. Stockholm 1874 und 1875.
35. PARRY, W. E. Narrative of an attempt to reach the North Pole. London 1828.
36. ROBERT, E. Voyages en Scandinavie, en Laponie au Spitzberg etc. Paris. Druckjahr unbekannt.

37. SALTER, J. W. Note on the Fossils from Spitzbergen. Appendix zu: LAMONT, J. Seasons with the Sea-Horses. London 1861.
38. SCHELLWIEN, E. Die Fauna der Trogkofelschichten. Teil 1. Abh. d. KK. Geol. Reichsanst. Bd. 16. Heft. 1. Wien 1900.
39. ——— Monographie der Fusulinen. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben und fortgesetzt von GÜNTER DYRENFURTH und HANS v. STAFF. Teil 1. Die Fusulinen des russisch-arktischen Meeresgebiets Paläontographica. Bd. 55. Seite 145. Stuttgart. 1908.
40. STAFF, H. v., und WEDEKIND, R. Der oberkarbone Foraminiferensapropelit Spitzbergens. Bull. Geol. Inst. of Upsala. Vol 10 Seite 81. Upsala 1910.
41. TOULA, FR. Kohlenkalk-Fossilien von der Südspitze von Spitzbergen. Sitz.-b. der Akad. d. Wissensch. Wien. Abt. 1. Bd. 68. Jahrg. 1873. Wien 1874.
42. ——— Kohlenkalk- und Zeckstein-Fossilien aus dem Hornsund an der Süd—Westküste von Spitzbergen. Sitz.-b. der Math.-Naturw. Classe d. Akad. d. Wissensch. Wien. Abt. 1. Bd. 70. Jahrg. 1874. Seite 133. Wien 1875.
43. ——— Permo-Carbon-Fossilien von der Westküste von Spitzbergen. Neues Jahrb. für Min., Geol. u. Pal. Jahrg. 1875. Seite 225. Stuttg. 1875.
44. TSCHERNYSCHEW, TH. Der Permische Kalkstein im Gouvernement Kostroma. Verh. d. Russ. Kais. Min. Ges. St. Petersburg. Ser. 2. Bd. 20. St. Petersburg. 1885.
45. ——— Über die Artinsk- und Carbon-Schwämme von Ural und vom Timan. Ibid. Ser. 2. Bd. 36. St. Petersburg. 1898.
46. ——— Beschreibung des Central-Urals und des Westabhanges. Allgem. Geol. Karte von Russland. Blatt 139. Mém. Com. Géol. Vol. 3. N:o 4. Petersburg, Paris. 1889.
47. ——— Die obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan. Mém. du Com. Geol. Vol. 16. N:o 2. St. Petersburg. 1902.
48. WAAGEN, W. Salt-Range Fossils. 1. Productus-Limestone Fossils. 4. Fasc. 1. Brachyopoda. Paläontologia Indica. Ser. 13. Mem. of the Geol. Surv. of India. Calcutta 1882.
49. WHITFIELD, R. P. Notes and observations on carboniferous Fossils and semifossil shells, brought home by members of the Peary expedition of 1905—1906. Bull. of the Amer. Mus. Nat. Hist. Vol. 24. 1908. Seite 51. New York 1908.
50. WIMAN, C. Ichtyosaurier aus der Trias Spitzbergens. Bull. Geol. Inst. of Upsala. Vol. 10 (1910—1911). Upsala 1910.
51. WITTENBURG, P. v. Über Werfener-Schichten von Spitzbergen. Bull. Acad. Imp. Sc. St. Pétersb. 1912.
52. ZITTEL, K. v. Grundzüge der Paläontologie. 3 Aufl. München und Berlin. 1910.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Alle Figuren sind in natürlicher Grösse und auf Photographien gezeichnet worden. Bei der zeichnerischen Behandlung sind teils unwesentliche Sachen wie z. B. dunkle Flecken, die auf verschiedener Farbe des Objekts beruhen, und welche den Eindruck der Figur nur stören, entfernt worden, teils ist das Relief etwas geschärft und übertrieben worden, wie dies für die Reproduction immer nötig ist. Nur ausnahmsweise und in ganz unzweideutigen Fällen sind kleinere Ergänzungen vorgenommen worden.

Die Photographien sind vom Herrn Photographen A. LARSSON in Upsala ausgeführt worden. Dabei habe ich stets die Einstellung der Camera, die richtige Grösse u. s. w. selbst kontrolliert.

Die Zeichnungen sind von Fräulein A. LAURELL und Fräulein G. JUNGBERG ausgeführt worden.

TAFEL 1.

Tafel 1.

Dielasma plica KUT.

- 1—4. Ein Exemplar aus Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
1. Von oben
2. Von unten.
3. Von der rechten Seite.
4. Von vorne.
5—8. Ein zum grössten Teil schalenloses Exemplar aus Corakalk. Ymers Tal auf Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
5. Von vorne.
6. Von oben.
7. Von unten.
8. Von der linken Seite.

Dielasma itaitubense DERBY.

- 9—12. Ein Exemplar aus dem Corakalk in Ymers Tal auf Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
9. Von oben.
10. Von unten.
11. Von vorne.
12. Von der linken Seite.

Rhynchophora Nikitini TSCHERN.

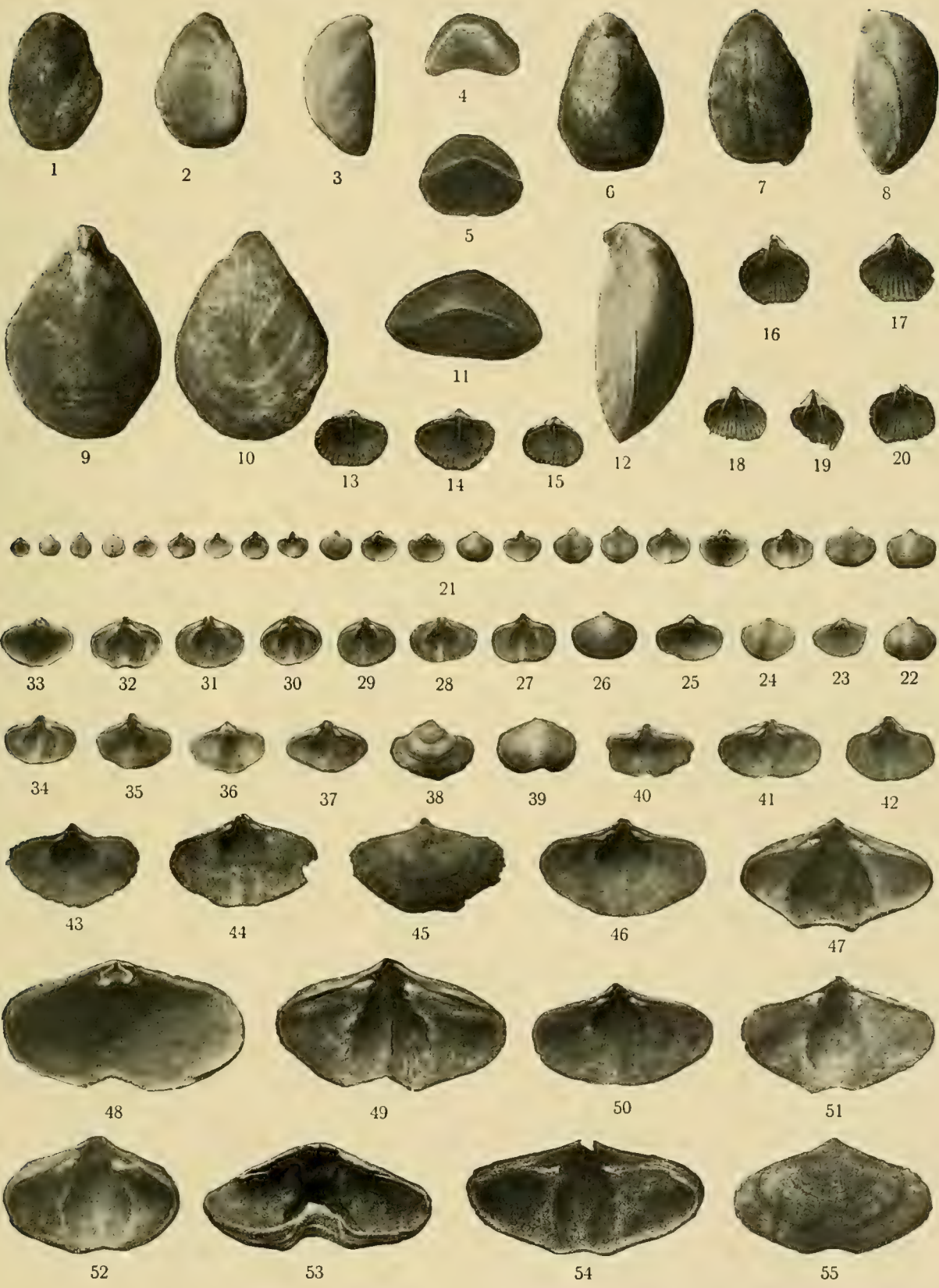
Ausgelöste Exemplare aus Spiriferenkalk. Geschiebe. Stenbrohults Tal, Green Harbour. Mus. Upsala

- 13—15. Dorsalschalen von innen.
16—20. Ventralschalen von innen.

Athyris Royssiana KEYS.

Ausgelöste Exemplare aus Spiriferenkalk. Kap Wijk und Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.

- 21—47. Zuwachsserie aus Ventral- und Dorsalschalen von aussen und innen.
22. Dorsalschale von aussen.
23. Dorsalschale von innen.
24. Ventralschale von aussen.
25. Dorsalschale von innen.
26. Dorsalschale von aussen.
27—32. Ventralschalen von innen.
33. Dorsalschale von innen.
34. Ventralschale von innen.
35. Ventralschale von innen.
36. Dorsalschale von innen.
37. Ventralschale von innen.
38. Ventralschale von aussen.
39. Dorsalschale von aussen.
40—44. Ventralschale von innen.
45. Ventralschale von aussen mit teilweise erhaltenen Borsten.
46. Ventralschale von innen.
47. Ventralschale von innen.
48. Dorsalschale von innen. Schloss vollständig.
49—54. Ventralschalen von innen. Fig. 53 ist so aufgestellt, dass das Schloss auch der teilweise erhaltenen Dorsalschale sichtbar ist.
55. Ventralschale von aussen.



TAFEL 2.

Tafel 2.

Athyris Royssiana KEYS.

Ausgelöste Exemplare aus Spiriferenkalk. Kap Wijk und Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.

1. Von der rechten Seite.
2. Dasselbe Exemplar von vorne.
- 3 und 4. Kleine Exemplare von vorne.
5. Ventralschale von innen.
6. Dorsalschale von innen.
7. Seniles Exemplar von vorne.
8. Dorsalschale desselben Exemplars von innen.
9. Ventralschale desselben Exemplars von innen.
10. Dasselbe Exemplar von der linken Seite.
11. Dorsalschale von innen.
12. Ventralschale von innen.
13. Dorsalschale von aussen mit teilweise erhaltenen Borsten.

Athyris sp.

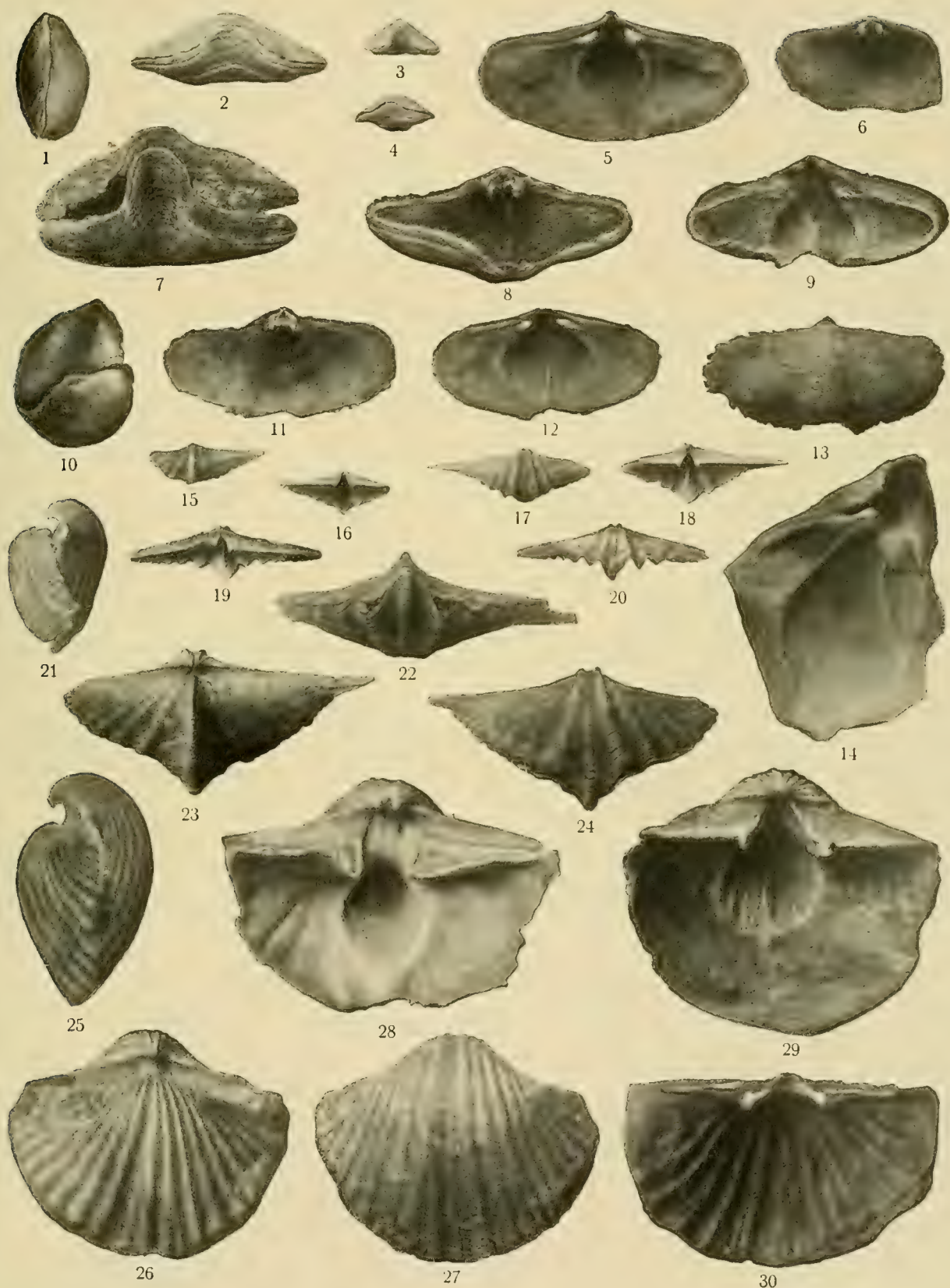
14. Ventralschale von innen.

Spiriferina expansa TSCHERN.

15. Dorsalschale von aussen. Spiriferenkalk. Kap Wijk. Mus. Upsala.
16. Dieselbe von innen.
17. Ventralschale von aussen. Spiriferenkalk. Kap Wijk. Mus. Upsala.
18. Dieselbe von innen.
19. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.
20. Dieselbe von aussen.
21. Von der linken Seite. Spiriferenkalk. Kap Wijk. Mus. Upsala.
22. Dasselbe Exemplar von vorne.
23. Dasselbe Exemplar von oben.
24. Dasselbe Exemplar von unten.

Spiriferina Keilhavii v. BUCH.

25. Ganzes fast schalenloses Exemplar. Spiriferenkalk. Mit Misery. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh. Von der linken Seite.
26. Dasselbe Exemplar von oben.
27. Dasselbe Exemplar von unten.
28. Ventralschale von innen. Ebendaher. Reichsm. Stockh.
29. Ventralschale von innen. Ebendaher. Reichsm. Stockh.
30. Dasselbe Exemplar. Dorsalschale von innen.



TAFEL 3.

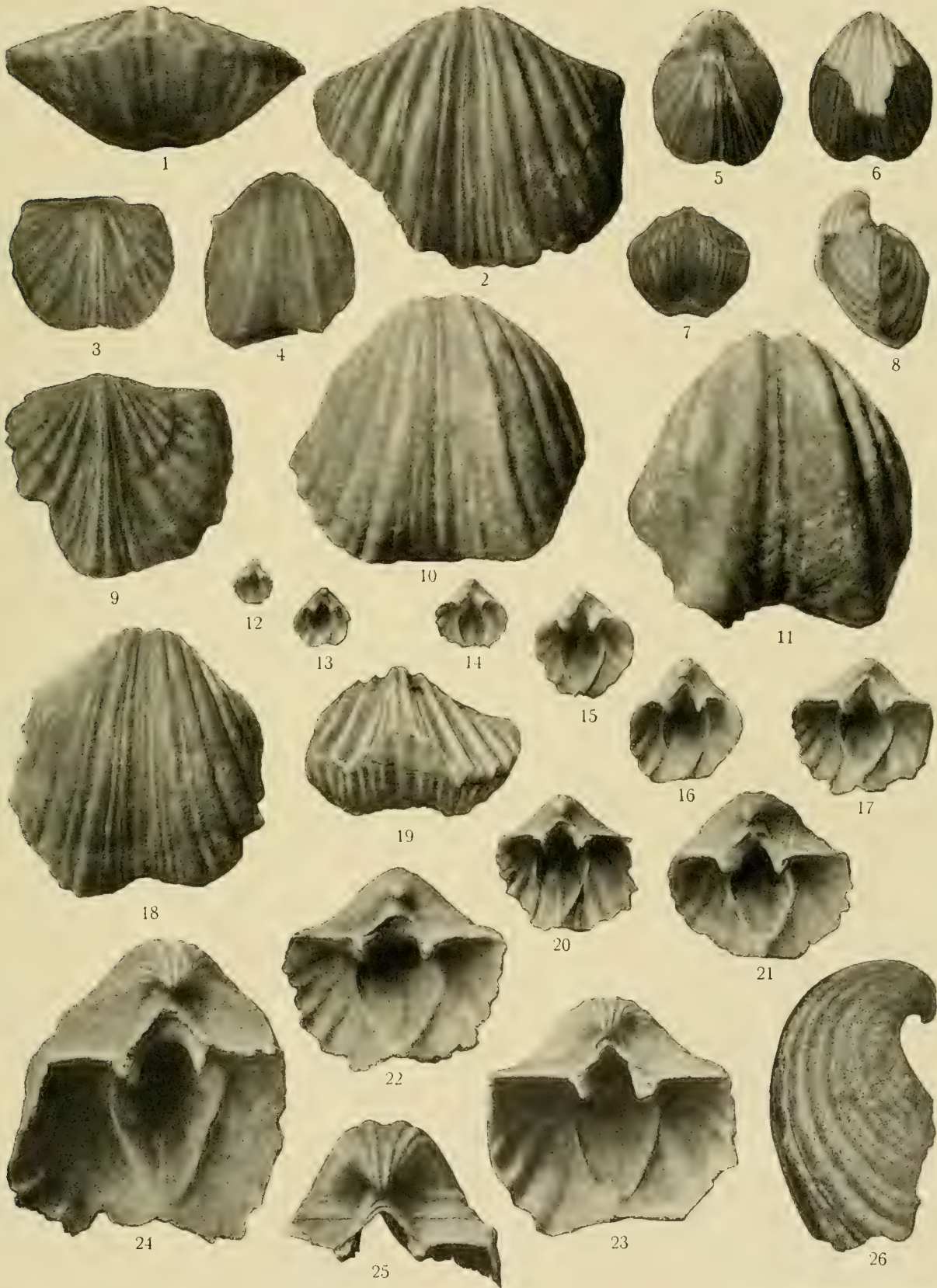
Tafel 3.

Spiriferina Keilhavii v. Buch.

1. Dasselbe Exemplar wie Taf. 2. Fig. 25—27 von vorne.

Spirifer Draschei Toul.

2. Ventralchale von aussen. Spiriferenkalk. Angelins Berg. Reichsm. Stockh.
3. Dorsalchale von aussen. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
4. Ventralchale von aussen. Corakalk. Ymers Tal; Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
5. Ganzes fast schalenloses Exemplar von oben. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
6. Dasselbe Exemplar von unten.
7. Dasselbe von vorne.
8. Dasselbe von der rechten Seite.
9. Dorsalchale von aussen. Spiriferenkalk. Angelins Berg. Reichsm. Stockh.
10. Ventralchale von aussen. Ebendaher. Reichsm. Stockh.
11. Ventralchale von aussen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Fundort unbekannt Reichsm. Stockh.
- 12—16. Ventralchalen von innen. Zuwachsserie aus Spiriferenkalk. Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.
17. Ventralchale von innen. Spiriferenkalk. Skans Bay. Mus. Upsala.
18. Ventralchale von aussen. Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
19. Steinkern von vorne. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Angelins Berg. Reichsm. Stockh.
20. Ventralchale von innen. Spiriferenkalk. Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.
- 21—26. Ausgelöste Ventralchalen. Spiriferenkalk. Skans Bay. Mus. Upsala.
- 21—24. Von innen.
25. Area.
26. Dasselbe Exemplar wie Fig. 24, von der rechten Seite.



TAFEL 4.

Tafel 4.

Spiriferina polaris Wn. Fig. 1—13 und 15—22 aus Spiriferenkalk. Kap Wijk.
Mus. Upsala.

- 1—13. Zuwachsserie von Ventralschalen von innen gesehen.
- 14. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Skans Bay. Mus. Upsala.
- 15—17. Dorsalschalen von innen.
- 18. Ventralschale von aussen.
- 19. Dieselbe von innen.
- 20. Ventralschale von innen.
- 21, 22. Angebohrtes Gerölle von aussen und innen.
- 23. Fast ganzes Exemplar von vorne. Spiriferenkalk. Bjonas Hafen. Mus. Upsala.
- 24. Dasselbe Exemplar von der linken Seite.
- 25. Dasselbe Exemplar von oben.



TAFEL 5.

Tafel 5.

Spiriferina polaris Wn.

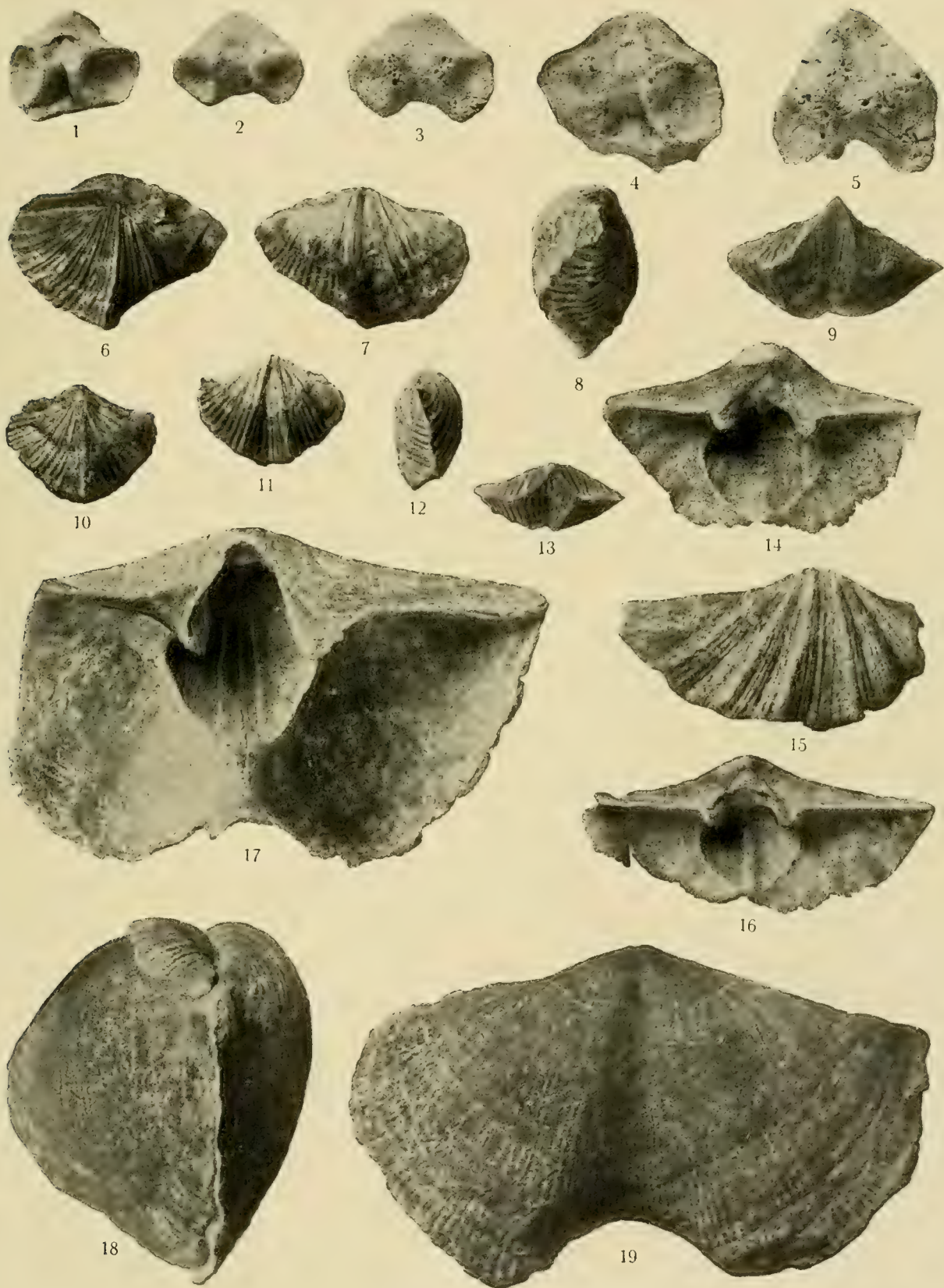
- 1—5. Gerölle aus der Wirbelpartie der Ventralschale. Von oben.

Spirifer fasciger KEYS.

6. Fast ganzes Exemplar von oben. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
7. Dasselbe von unten.
8. Dasselbe von der rechten Seite.
9. Dasselbe von vorne.
10. Fast ganzes Exemplar von oben. Corakalk. Ymers Tal, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
11. Dasselbe von unten.
12. Dasselbe von der linken Seite.
13. Dasselbe von vorne.
14. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Skans Bay. Mus. Upsala.
15. Ventralschale von aussen. Ebendaher. Mus. Upsala.
16. Ventralschale von innen. Ebendaher. Mus. Upsala.

Spirifer Ravana DEN.

17. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
18. Ganzes Exemplar von der linken Seite. Ebendaher. Reichsm. Stockh.
19. Dasselbe Exemplar von unten.



TAFEL 6.

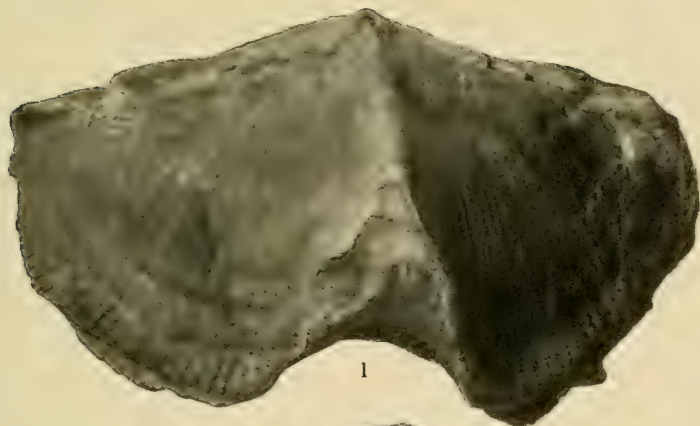
Tafel 6.

Spirifer Ravana DIEN.

1. Dasselbe Exemplar wie Taf. 5. Fig. 18 und 19 von oben.
2. Dasselbe von vorne.

Spirifer Marcoui WAAG.

3. Ganzes Exemplar von vorne. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
4. Dasselbe von der linken Seite.
5. Dasselbe von oben.
6. Dasselbe von unten.
7. Ventralschale von innen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.



1



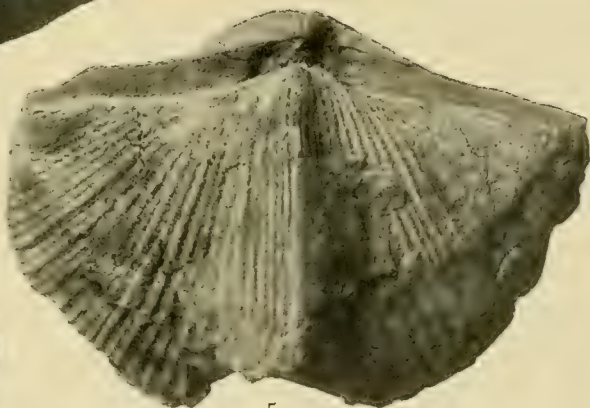
4



2



3



5



7



6

TAFEL 7.

Tafel 7.

Spirifer supramosquensis NIK.

1. Ganzes Exemplar von unten. Ambiguakalk. Oswalds Vorberg, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Dasselbe von oben.
3. Dasselbe von vorne.
4. Dasselbe von der linken Seite.

Spirifer tastubensis TSCHERN.?

5. Ganzes fast schalenloses Exemplar von unten. Spiriferenkalk. Nordkap, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
6. Dasselbe Exemplar von der linken Seite.
7. Dasselbe von vorne.
8. Dasselbe von hinten.

Spirifer Marcoui WAAG.

9. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Kap Wijk. Mus. Upsala.
10. Ventralschale von innen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
11. Ventralschale von innen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.

Spirifer Lovéni Wn.

12. Ventralschale von der linken Seite. Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
13. Dasselbe Exemplar von aussen.



TAFEL 8.

Tafel 8.

Spirifer Lovéni Wn.

Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.

1. Fragmentarische Dorsalschale von der linken Seite.
2. Dieselbe von oben.
3. Ventralschale. Area. Dasselbe Exemplar wie Taf. 7. Fig. 12 und 13.
4. Ventralschale von innen.

Syringotyris spitzbergensis Wn.

Ganzes Exemplar. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Spitzbergen. Reichsm. Stockh.

5. Von hinten.
6. Von der linken Seite.
7. Von vorne.

Cyrtina septosa PHILL.

8. Ganzes Exemplar von der linken Seite. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Spitzbergen. Reichsm. Stockh.
9. Ventralschale von hinten. Ebendaher. Reichsm. Stockh.



TAFEL 9.

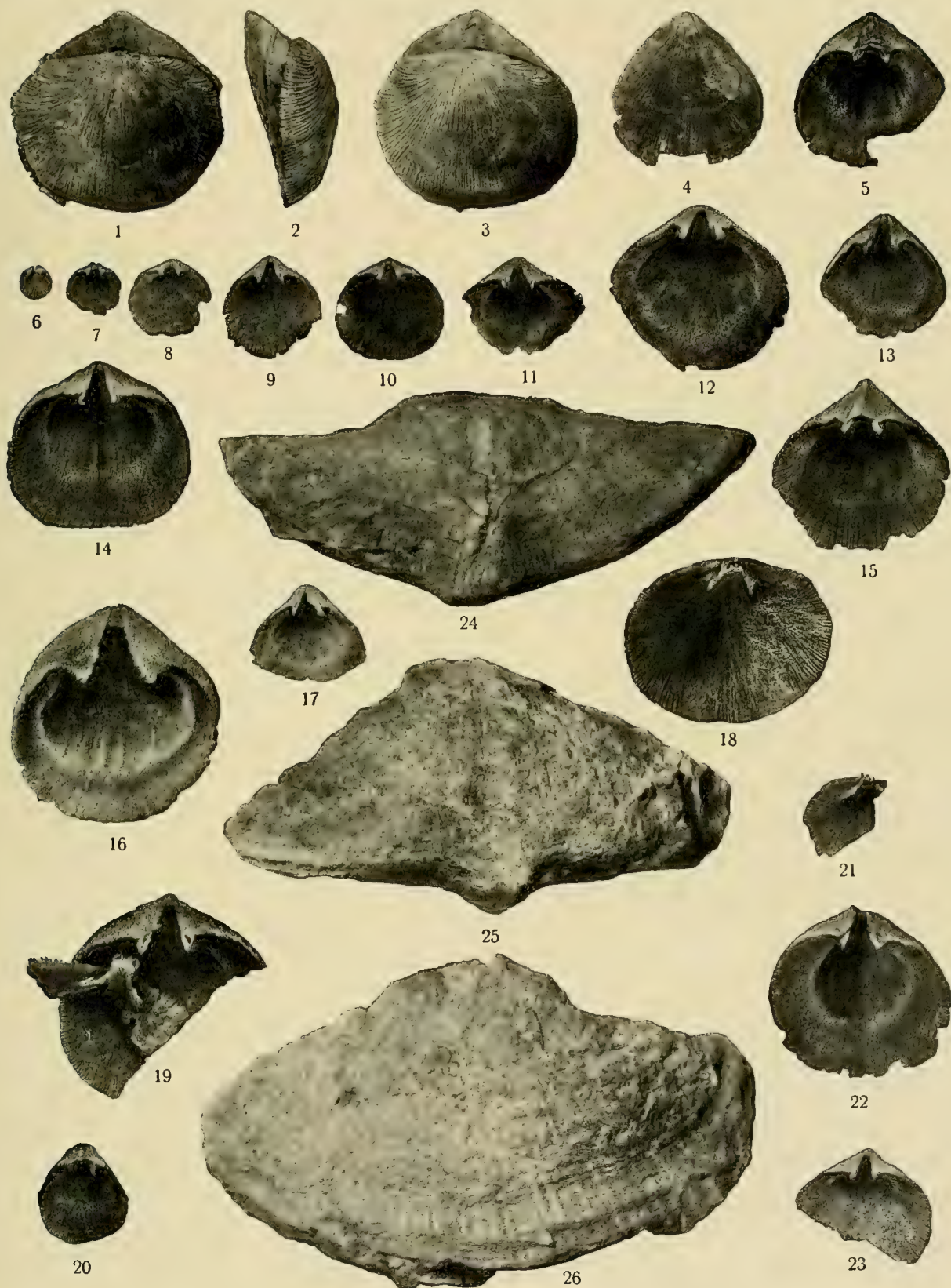
Tafel 9.

Streptorhynchus macrocardinalis TOULA. Ausgelöste Exemplare. Spiriferenkalk. Kap
Wijk. Mus. Upsala.

1. Ganzes Exemplar von oben.
2. Dasselbe von der rechten Seite.
3. Ein anderes ganzes Exemplar.
4. Ventralschale von aussen.
5. Ventralschale von innen.
- 6—11. Zuwachsserie von Ventralschalen von innen.
- 12—17. Ventralschalen von innen.
18. Dorsalschale von innen.
19. Ventralschale von innen. Darauf liegt ein Stück einer Dorsalschale mit Schlossfortsatz,
von innen gesehen.
20. Ventralschale von innen.
21. Fragmentarische Dorsalschale von innen.
- 22, 23. Ventralschalen von innen.

Cyrtina septosa PHILL.

24. Dasselbe ganze Exemplar wie auf Taf. 8. Fig. 8, von oben.
25. Dasselbe von vorne.
26. Dieselbe Ventralschale wie auf Taf. 8. Fig. 9, von aussen.



TAFEL 10.

Tafel 10.

Streptorhynchus triangularis Wn. Spiriferenkalk. Stenbrohults Tal. Mus. Upsala.

- 1—11. Zuwachsserie von Ventralschalen von innen.
- 12—17. Ventralschalen von innen.
- 18. Ganzes Exemplar von oben.
- 19. Dorsalschale desselben Exemplars von innen.

Streptorhynchus macrocardinalis TOULA.

- 20. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk, Kap Wijk. Mus. Upsala.
- 21. Dorsalschale von innen. Ebendaher. Mus. Upsala.

Streptorhynchus Kempei ANDERSSON mscr.

- 22. Ventralschale von der rechten Seite. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
- 23. Dasselbe Exemplar von innen.
- 24. Ganzes Exemplar von oben. Spiriferenkalk. Alfreds Berg, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
- 25. Dasselbe von vorne.
- 26. Dasselbe von der linken Seite.
- 27. Dasselbe von unten.

Streptorhynchus triangularis Wn. Spiriferenkalk. Stenbrohults Tal. Mus. Ups.

- 28, 29. Ventralschalen von innen.

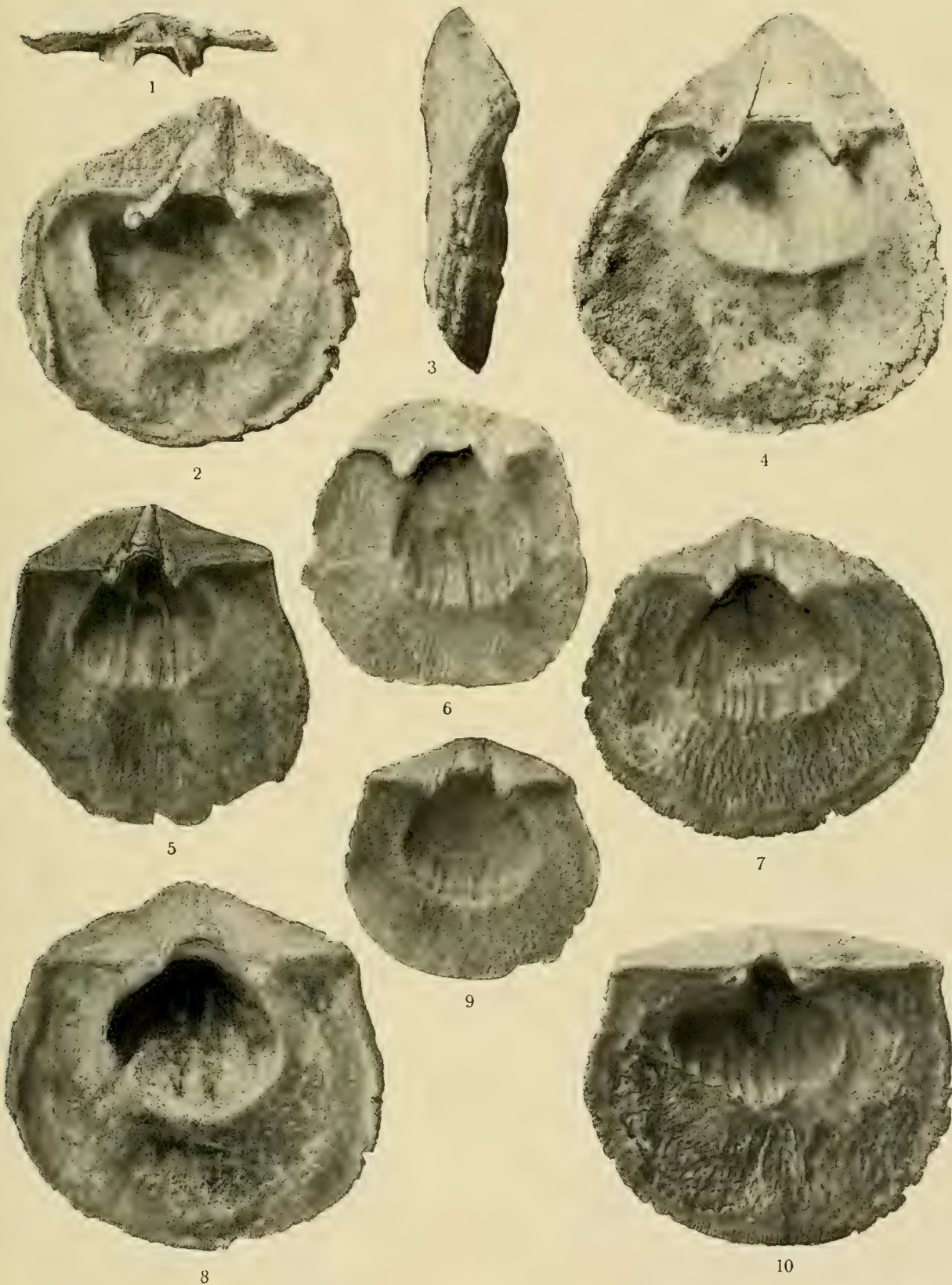


TAFEL 11.

Tafel 11.

Streptorhynchus Kempei ANDERSSON. msr.

1. Schlossfortsatz der Dorsalschale von hinten. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
3. Dasselbe Exemplar von der rechten Seite.
4. Ventralschale von innen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Alfreds Berg, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
- 5—10. Ventralschalen von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.



TAFEL 12.

Tafel 12.

Streptorhynchus Kempei ANDERSSON. msr.

- 1—3 und 5—8. Ventralschalen von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
4. Ventralschale von aussen mit sichtbarem Septum. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Alfreds
Berg. Reichsm. Stockh.



TAFEL 13.

Tafel 13.

Productus Weyprehti TOULA.

1. Ventralschale von aussen. Spiriferenkalk. M:t Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Ventralschale von aussen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. M:t Misery. Reichsm. Stockh.
3. Dasselbe Exemplar von der rechten Seite.
4. Visceralraum von der rechten Seite. Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
5. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
6. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. M:t Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.

Productus boliviensis D'ORB.

7. Visceralraum von der linken Seite. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
8. Ventralschale von der linken Seite. Corakalk. Ymers Tal, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
9. Dieselbe von aussen.
10. Dasselbe Exemplar wie Fig. 7 von oben.

Streptorhynchus Kempei ANDERSSON. msct.

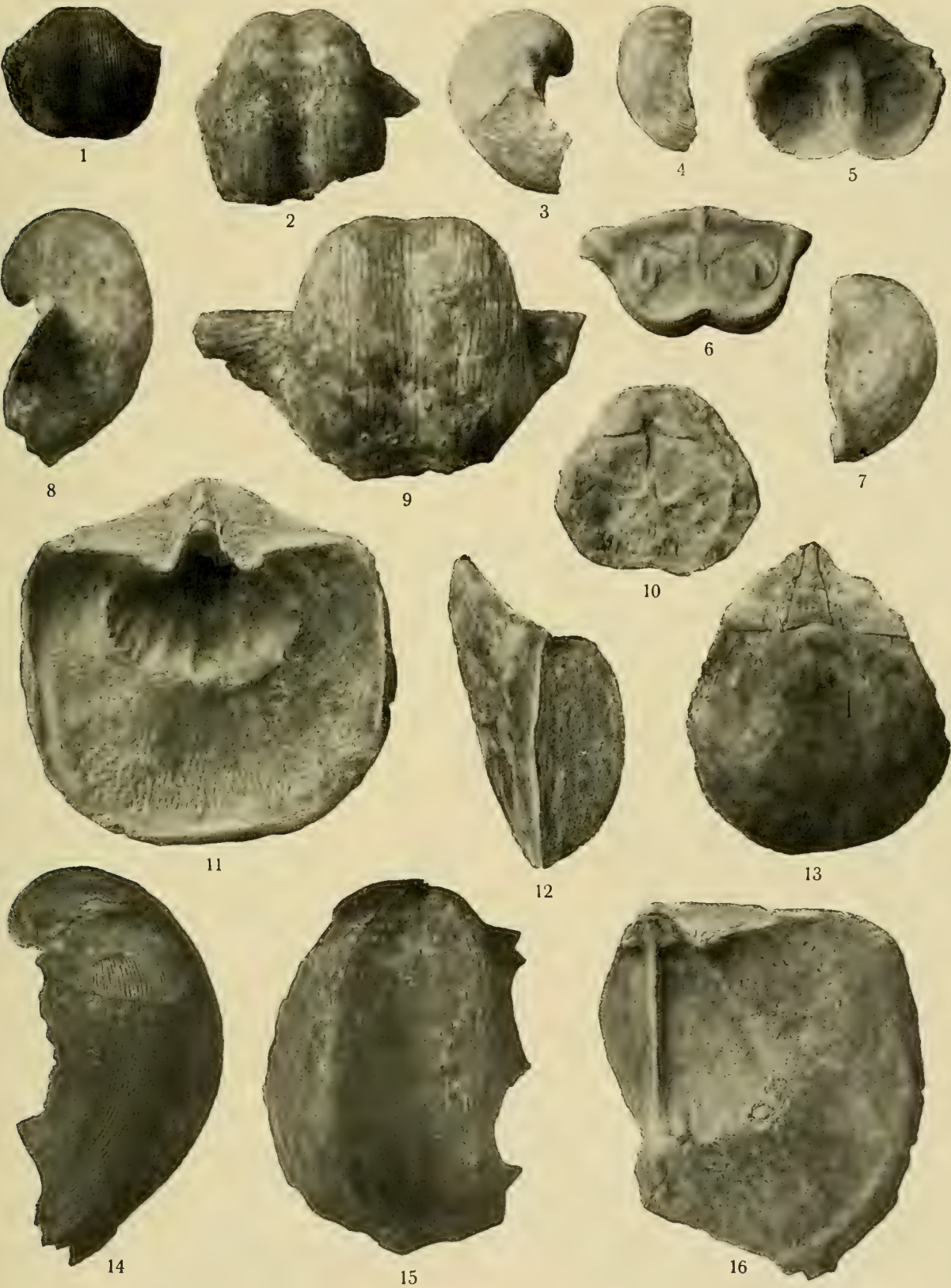
11. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
12. Fast ganzes Exemplar aber mit verdorbener Skulptur. Von der rechten Seite. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
13. Dasselbe Exemplar von oben.

Productus lineatus WAAG.

14. Ventralschale von der linken Seite. Corakalk. Östlich von Skans Bay. Reichsm. Stockh.
15. Dieselbe von unten.

Derbyia sp.

16. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.



TAFEL 14.

Tafel 14.

Productus inflatus MC CHESN.

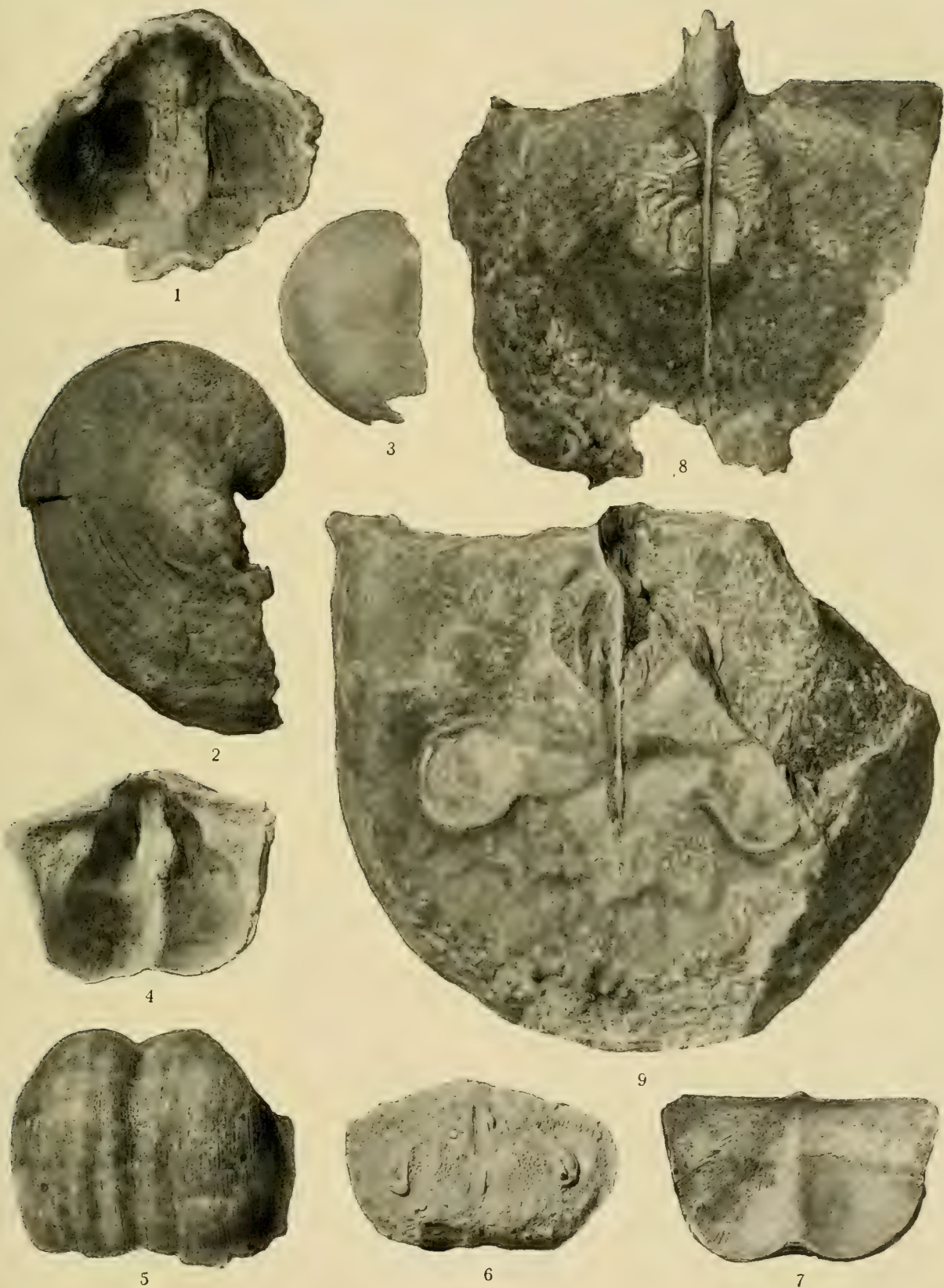
1. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Seniles Exemplar von der rechten Seite. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.

Productus duplex Wx.

3. Ventralschale von der rechten Seite. Productusflint. Kap Wijk. Mus. Upsala.
4. Dieselbe von innen.
5. Ventralschale von unten. Ebendaher. Mus. Upsala.
6. Dorsalschale von innen. Ebendaher. Mus. Upsala.
7. Ganzes Exemplar von oben. Productusflint. Eders Insel. Reichsm. Stockh.

Productus Purdoni WAAG.

- 8, 9. Dorsalschalen von innen. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.



TAFEL 15.

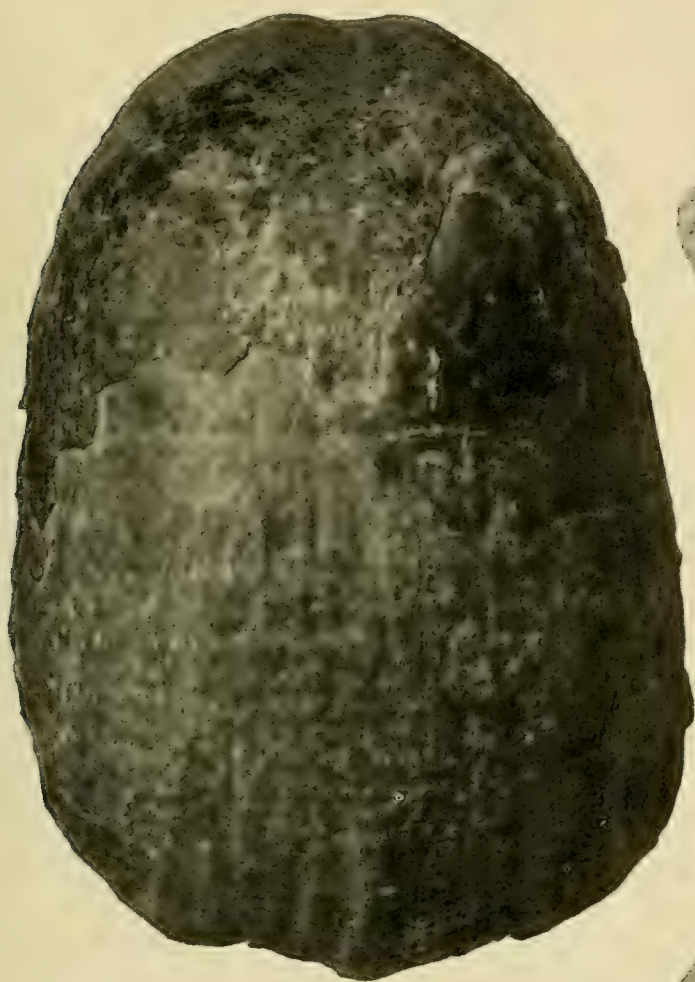
Tafel 15.

Productus Purdoni WAAG.

1. Ganzes Exemplar von unten. Spiriferenkalk. Nordkap, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Ganzes Exemplar von oben. Spiriferenkalk. Mit Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.

Productus inflatus MC CHESN.

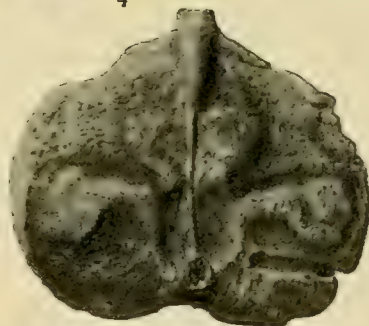
3. Dasselbe Exemplar wie an Taf. 14. Fig. 2 von unten.
4. Dasselbe von oben.
5. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.



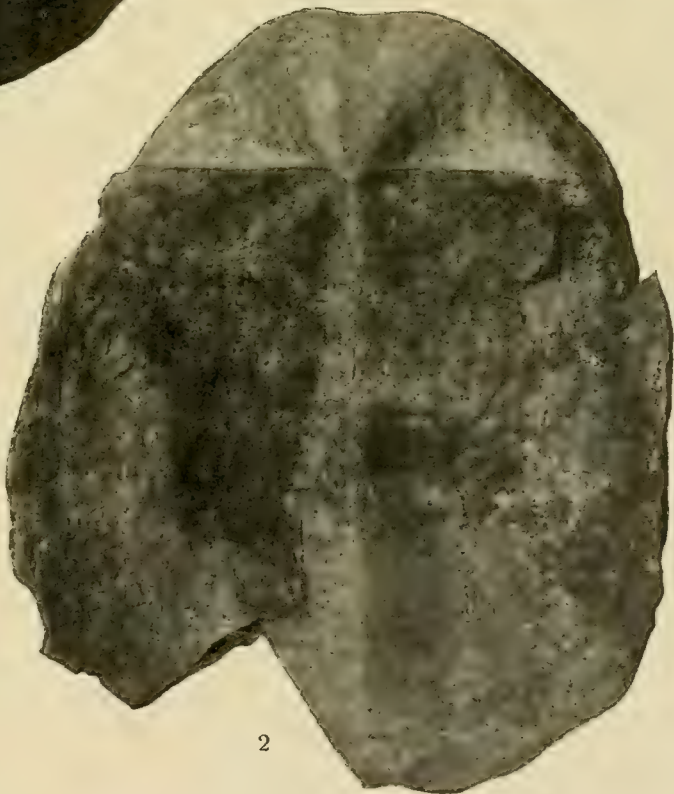
1



4



5



2



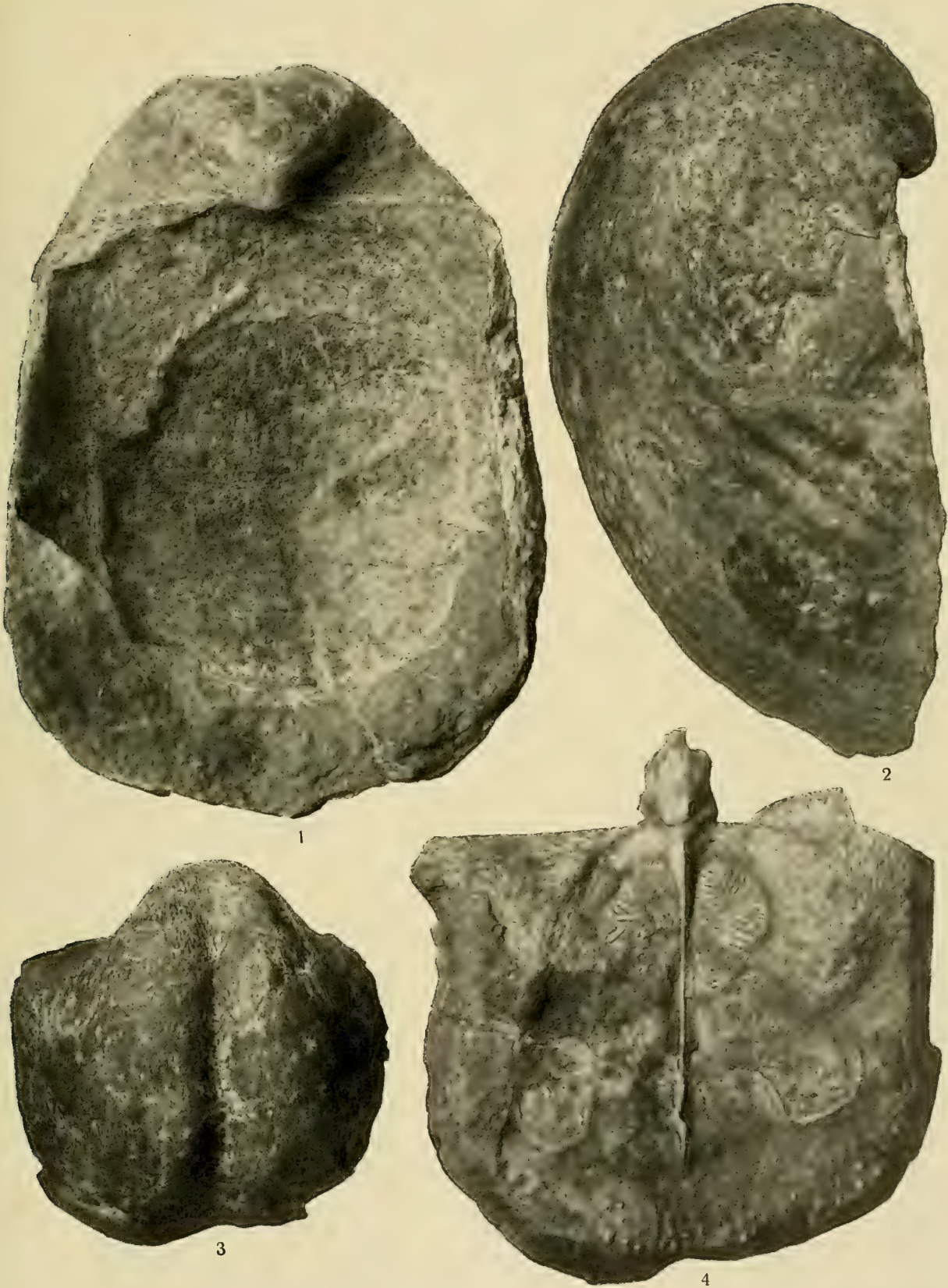
3

TAFEL 16.

Tafel 16.

Productus Purdoni WAAG.

1. Dasselbe Exemplar wie auf Taf. 15. Fig. 1, von oben.
2. Dasselbe von der rechten Seite.
3. Ganzes Exemplar von unten. Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
4. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.



TAFEL 17.

Tafel 17.

Productus pseudohorridus Wn.

1. Nicht etikettiertes Exemplar von unten. Reichsm. Stockh.
2. Dasselbe von oben.
3. Dorsalschale von oben. Productusflint. Bellsund. Reichsm. Stockh.
4. Ventralschale von unten. Ebendaher. Reichsm. Stockh.
5. Dasselbe Exemplar von der linken Seite.
6. Dorsalschale von innen. Productusflint. Bellsund. Reichsm. Stockh. Abguss des Exemplars Fig. 7.
7. Steinkern von der dorsalen Seite.
8. Ventralschale von unten. Productusflint. Bellsund. Reichsm. Stockh.
9. Dasselbe von oben.
10. Dasselbe von der linken Seite.
11. Steinkern von hinten. Ebendaher. Reichsm. Stockh.

Productus Lovéni Wn.

- Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
12. Ganzes Exemplar von unten.
 13. Ein anderes ganzes Exemplar von oben.
 14. Ein drittes Exemplar von der rechten Seite.
 15. Dasselbe Exemplar wie Fig. 13, von der linken Seite.
 16. Steinkern von unten.
 17. Dasselbe Exemplar wie Fig. 12, von der rechten Seite.
 18. Fragmentarische Dorsalschale von innen.

Productus timanicus Stuck.

19. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. Lovéns Berg. Reichsm. Stockh.
20. Ventralschale mit verdorbener Skulptur von aussen. Spiriferenkalk. Nordküste von Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
21. Ganzes Exemplar von oben. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.



TAFEL 18

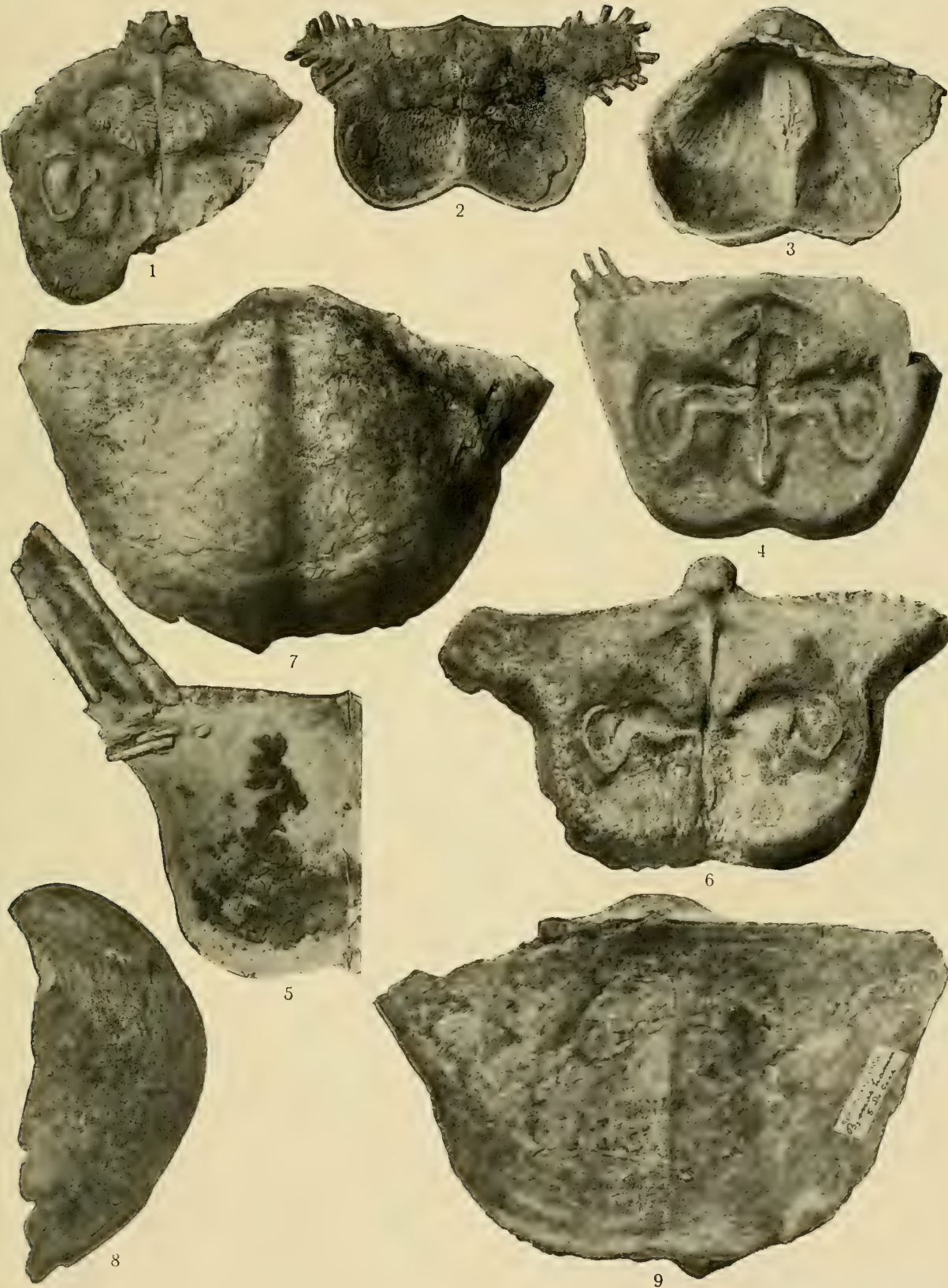
Tafel 18.

Productus timanicus STUCK.

1. Dorsalschale von innen. Wahrscheinlich Spiriferenkalk. Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
2. Dorsalschale von aussen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
3. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Kap Wijk. Mus. Upsala.
4. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. Mt Misery, Beeren Eiland. Reichsm. Stockh.
5. Halbe Dorsalschale von aussen. Geschiebe aus einem verkieselten Gestein. Wahlbergs Insel. Hochschule von Stockholm.
6. Dorsalschale von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.

Productus impressus TOULA.

- Ganzes Exemplar. Spiriferenkalk. Bjonas Hafen. Mus. Upsala.
7. Von unten.
 8. Von der linken Seite.
 9. Von oben.



TAFEL 19.

Tafel 19.

Marginifera involuta TSCHERN. Reichsmuseum Stockholm.

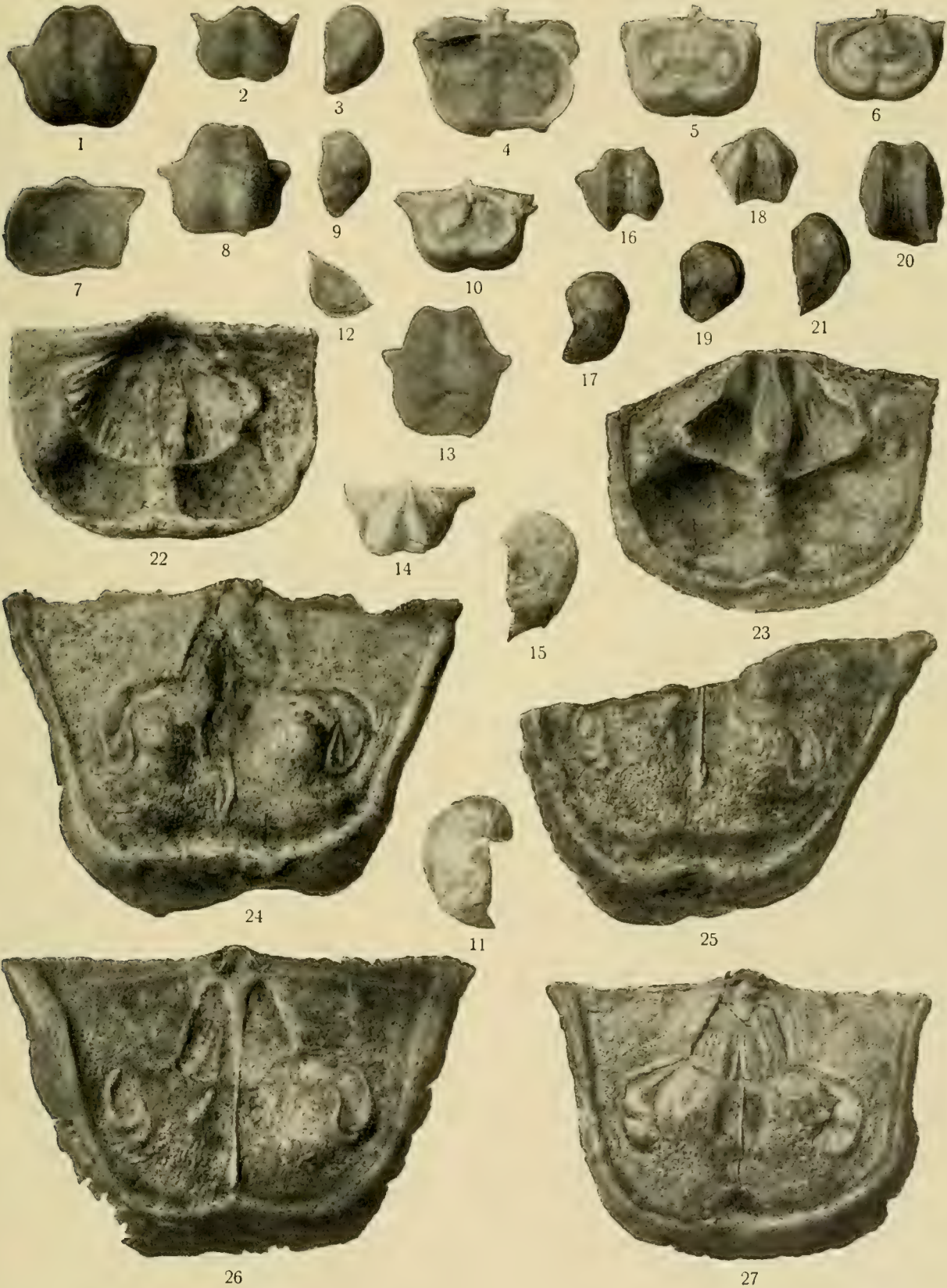
1. Ventralschale mit unvollständig erhaltener Oberfläche. Von unten. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland.
2. Am Hinterrand unvollständige Ventralschale von aussen. Ebendaher.
3. Visceralraum. Ebendaher.
4. Dorsalschale von innen. Corakalk. Ymers Tal, Beeren Eiland.
- 5, 6. Dorsalschalen von innen. Corakalk. Pass zwischen Hambergs Berg und dem Vogelberge, Beeren Eiland.
7. Dorsalschale von aussen. Corakalk. Ymers Tal, Beeren Eiland.
8. Ventralschale von aussen. Corakalk. Der obenerwähnte Pass.
9. Visceralraum von der linken Seite. Ebendaher.
10. Dorsalschale von innen. Ebendaher.
11. Ventralschale von der rechten Seite. Ebendaher.

Marginifera? bicarinata W_N.

12. Dorsalschale von der rechten Seite. Nicht etikettiertes Exemplar. Wahrscheinlich aus Spiriferenkalk. Reichsm. Stockh.
13. Dasselbe Exemplar. Ventralschale von aussen.
14. Dasselbe Exemplar. Gespaltene Dorsalschale von innen.
15. Dasselbe Exemplar. Ventralschale von der linken Seite.
- 16—21. Ventralschalen mit nicht erhaltener Oberfläche von aussen. Productusflint. Bell-sund. Reichsm. Stockh.
16. Erstes Exemplar von unten.
17. Dasselbe von der linken Seite.
18. Zweites Exemplar von unten.
19. Dasselbe von der linken Seite.
20. Drittes Exemplar von unten.
21. Dasselbe von der linken Seite.

Productus impressus TOULA.

22. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Kap Anser. Mus. Upsala.
23. Ventralschale von innen. Spiriferenkalk. Skans Bay. Mus. Upsala.
- 24—26. Dorsalschalen von innen. Spiriferenkalk. Flowers Tal. Mus. Upsala.
27. Dasselbe Exemplar wie Fig. 23. Dorsalschale von innen.



NOVA ACTA REGIÆ SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. 3. N. 1.

BICENTENAIRE

DE

LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES
D'UPSALA

LE 19 NOVEMBRE 1910.

PAR

N. C. DUNÉR.

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

(PUBLIÉ PAR ORDRE DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES.)

UPSALA

IMPRIMERIE EDV. BERLING

1911.



NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS

SER. IV. VOL. 3. N. 2.

ADDITIONAL NOTE

TO

THE MORTAL REMAINS

OF

EMANUEL SWEDENBORG

(NOVA ACTA REG. SOC. SC. UPS., SER. IV, VOL. 2, N. 9, UPSALA 1910)

BY

J. VILH. HULTKRANTZ

(PRESENTED TO THE ROYAL SOCIETY OF SCIENCES OF UPSALA, MAY 3d, 1912)

UPSALA

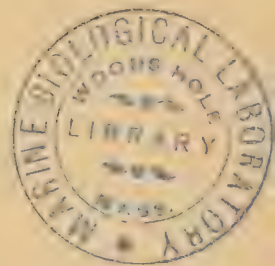
A.-B. AKADEMISKA BOKHANDELN
BOOKSELLER TO THE UNIVERSITY



NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

Ser. IV. VOL. 3. N. 3.

STUDIEN
ÜBER DIE SCHWEDISCHEN ARTEN
DER GATTUNGEN
BATRACHOSPERMUM ROTH
UND
SIRODOTIA NOV. GEN.
VON
HARALD KYLIN.



(DER KÖNIGL. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 20. SEPT. 1912.)

UPSALA
AKADEMISCHE BUCHHANDLUNG A.-G.

NOVA ACTA REGLE SOCIETATIS SCIENTIARUM UPSALIENSIS.

SER. IV. VOL. 3. N. 4.

DER KOLLOIDE SCHWEFEL

VON

SVEN ODÉN.

(DER KÖNIGLICHEN SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 3. MAI 1912.)

UPSALA
AKADEMISCHE BUCHHANDLUNG A.-G.



UEBER
EINE SYMMETRISCHE DARSTELLUNG
EINIGER
IN DER THEORIE DER ELLIPTISCHEN FUNKTIONEN
VORKOMMENDEN WURZELGRÖSSEN

VON

M. FALK.

(DER KÖNIGLICHEN SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETHEILT AM 7. FEBRUAR 1913.)

UPSALA
AKADEMISCHE BUCHHANDLUNG A.-G.



EXTINCTION DES RADIATIONS SOLAIRES DANS L'ATMOSPHERE TERRESTRE.

ETUDE BASÉE SUR LES OBSERVATIONS SPECTROBOLOMETRIQUES
FAITES A L'INSTITUT DE PHYSIQUE D'UPSALA
PENDANT L'ANNÉE 1912.

PAR

F. LINDHOLM.

(PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES D'UPSALA LE 7 MARS 1913.)

UPSALA

LIBRAIRIE: A.-B. AKADEMISKA BOKHANDELN

1913.



L'EXPÉDITION FRANCO-SUÉDOISE DE SONDAGES AÉRIENS A KIRUNA

1907, 1908 ET 1909

PAR

H. MAURICE

AVEC UNE INTRODUCTION DE H. H. HILDEBRANDSSON.

(PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES D'UPSALA LE 7 MARS 1913.)

UPSALA

LIBRAIRIE: A.-B. AKADEMISKA BOKHANDELN

1913.



ÜBER DIE
KARBONBRACHIOPODEN
SPITZBERGENS UND BEEREN EILANDS

VON

C. WIMAN.

MIT 19 TAFELN.



(DER KÖNIGL. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA MITGETEILT AM 13. MÄRZ 1914)

UPSALA
AKADEMISCHE BUCHHANDLUNG A.-G.



MBL WHOI Library - Serials



5 WHSE 04152

